

REUBICACIÓN Y MEJORAMIENTO HIDRÁULICO Y AMBIENTAL DE LAS
ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN DEL ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE
UBATÉ, CUNDINAMARCA.

OSCAR ALEJANDRO GONZÁLEZ VARGAS

UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ, D.C.
2013

REUBICACIÓN Y MEJORAMIENTO HIDRÁULICO Y AMBIENTAL DE LAS
ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN Y ADUCCIÓN DEL ACUEDUCTO DEL
MUNICIPIO DE UBATÉ, CUNDINAMARCA.

OSCAR ALEJANDRO GONZÁLEZ VARGAS

Proyecto de grado para optar a título de Ingeniero Ambiental

Carlos Arturo Grattz
M.S.C.

UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ, D.C.

2013

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, D.C.

A todos los que están conmigo...

...A mis papas...

...Y a mis hermanas...

Agradezco a toda mi **familia** por su incondicional apoyo, por todos sus sacrificios, ayuda y entendimiento tanto en mi formación profesional como en mi formación personal.

Al Ingeniero **Carlos A. Grattz** por su apoyo continuo durante todo el curso de mis estudios profesionales, por su paciencia y su dedicación en este proyecto.

Y por último, a todas las personas que están y estuvieron involucradas en mi desarrollo profesional, y que han hecho de este, no un logro más, al contrario, metas más grandes.

CONTENIDO

	pág.
Introducción	12
1. Definición del problema	13
2. Justificación	14
3. Objetivos general y específicos	
3.1. Objetivo general	15
3.2. Objetivos específicos	15
4. Marco referencial	
4.1. Marco teórico	16
4.1.1. Proceso de gestión del riesgo	16
4.1.2. Riesgo ambiental	18
4.1.3. Amenaza	19
4.1.4. Peligro	19
4.1.5. Vulnerabilidad	20
4.1.6. Reducción del riesgo	21
4.1.7. Prestación de servicios públicos	21
4.2. Marco legal	22
4.3. Marco geográfico	23
4.4. Marco demográfico	26
5. Diseño metodológico	
5.1. Fase de documentación	29
5.2. Fase de campo	30
5.3. Fase de identificación de riesgos	30
5.4. Fase análisis de riesgos ambientales	33
5.5. Fase de evaluación de riesgos	34
5.6. Fase de tratamiento del riesgo	35
6. Resultados y discusiones	
6.1. Descripción de la fuente hídrica principal del municipio y del sistema de captación y aducción.	37
6.1.1. Fuente hídrica: Río Ubaté	37
6.1.2. Sistema de captación y aducción del municipio	37
6.1.3. Diagnóstico de la fuente y de los sistemas de captación, aducción y conducción	38
6.2. Riesgos ambientales dentro de la cuenca del río Ubaté (Identificación, análisis y evaluación)	39
6.2.1. Identificación y análisis del riesgo	39
6.2.1.1. Deslizamiento	41
6.2.1.2. Sismo	52

6.2.1.3.	Aumento de caudal	55
6.2.1.4.	Aumento de solidos suspendidos	56
6.2.1.5.	Incendio	57
6.2.2.	Resultados del análisis de riesgos	58
6.2.3.	Evaluación de riesgos	59
6.3.	Criterios para reducir el riesgo	59
6.3.1.	Actores que intervienen en la cuenca	59
6.3.2.	Vulnerabilidad de la cuenca	61
6.3.3.	Necesidades de la cuenca	61
6.3.4.	El riesgo	63
6.3.5.	Estado de las estructuras de captación y conducción de agua cruda	63
6.3.6.	Necesidades de la población urbana y rural	64
6.4.	Alternativas para reducir el riesgo	64
6.4.1.	Traslado de la bocatoma aguas arriba	65
6.4.2.	Traslado de la bocatoma aguas abajo	66
6.4.3.	Toma de agua en la quebrada el Mortiño (Río Carupa)	67
6.4.4.	Bocatoma o estación de bombeo flotante dentro de la represa el Hato	68
6.4.5.	Elección de la mejor alternativa	69
6.5.	Tratamiento del riesgo	71
6.5.1.	Determinación del nivel de complejidad	71
6.5.1.1.	Método aritmético	73
6.5.1.2.	Método geométrico	73
6.5.1.3.	Método exponencial	74
6.5.2.	Determinación del caudal necesario	79
6.5.2.1.	Demanda de agua uso residencial	83
6.5.2.2.	Demanda de agua de uso comercial, industrial y oficial	87
6.5.2.3.	Demanda de agua contra incendios	91
6.5.2.4.	Dotaciones y demandas del municipio de Ubaté	91
6.5.3.	Diseño preliminar de la bocatoma	97
6.5.4.	Optimización de las estructuras	98
7.	Conclusiones	100
8.	Bibliografía	101

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Evaluación de los riesgos	pág. 59
------------------------------------	------------

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Marco legal	22
Cuadro 2. Lista de verificación	32
Cuadro 3. Posibilidad de que suceda el evento	33
Cuadro 4. Consecuencia del siniestro	33
Cuadro 5. Resultado del análisis de riesgos	34
Cuadro 6. Tramos de la línea de conducción de agua cruda	38
Cuadro 7. Lista de verificación llena	39
Cuadro 8. Evaluación de riesgos	58
Cuadro 9. Evaluación de alternativas para la reducción del riesgo	70
Cuadro 10. Censos realizados por el DANE	72
Cuadro 11. Proyecciones realizadas por el DANE	72
Cuadro 12. Métodos de cálculo según el nivel de complejidad	73
Cuadro 13. Tasas de crecimiento de cada método de proyección.	75
Cuadro 14. Resultados de la estimación de población en el casco urbano	76
Cuadro 15. Estratificación de usuarios	78
Cuadro 16. Nivel de complejidad según el RAS 2000	78
Cuadro 17. Periodo de diseño.	79
Cuadro 18. Dotación neta máxima	79
Cuadro 19. Caudal facturado (Diciembre 1 de 2010 a Enero 30 de 2011)	80
Cuadro 20. Dotación neta máxima uso residencial	84
Cuadro 21. Dotación neta máxima uso comercial, industrial y oficial	88
Cuadro 22. Proyecciones de dotación total del municipio	92

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ciclo general de la gestión del riesgo	17
Figura 2. Momentos de la gestión del riesgo	18
Figura 3. Riesgos, evento e impacto	20
Figura 4. Localización departamental del municipio	25
Figura 5. Diseño básico de la bocatoma lateral recta y curva	67
Figura 6. Estación de bombeo flotante	69
Figura 7. Muro de contención	

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Bocatoma y canal, situación actual.	105
Anexo 2. Memorias de cálculo.	106
Anexo 3. Diseño estructural de la bocatoma flotante.	109
Anexo 4. Posible aducción del nuevo sistema de acueducto.	110

INTRODUCCIÓN

En el contexto nacional, la prevención del riesgo es, en cierta medida, una de las materias más nuevas de la rama de la gestión ambiental, Esto se ha derivado de varios siniestros que las condiciones climáticas del mismo país han causado.

La gestión del riesgo tomó fuerzas a partir de las actividades desarrolladas para la prevención de inundaciones, terremotos, aludes de tierra y demás fuentes naturales que provocaron daños innumerables al entorno y a la población en años pasados.

A partir de estas actividades la gestión del riesgo ha sido una de las materias que han tenido mayor atención en el país, y por esta razón, es materia de estudio. Un ejemplo que demuestra esta importancia, es la situación presente en el municipio de la Villa de San Diego de Ubaté, en el cual se pretende hacer la gestión al riesgo provocado sobre el sistema de captación de agua natural del acueducto municipal, a partir de las fuertes condiciones climáticas por las que la cuenca ha pasado. El aumento de la vulnerabilidad de la población en cuanto a la seguridad y garantías para la prestación del servicio de acueducto.

La Oficina de Servicios Públicos del municipio, trabajando junto con los demás organismos territoriales, ha establecido parámetros generales para la gestión del riesgo de taponamiento del cauce del río, de la bocatoma, y probable avalancha debida a la obstrucción del cuerpo de agua provocada por el deslizamiento en masa del Cerro la Cruz. El presente documento, es uno de los instrumentos que ayudarán a definir las acciones necesarias para reducir el impacto que pueda generar el peligro y asegurar la prestación del servicio público de acueducto, para así mantener la calidad de vida de la población.

El título original del proyecto, en sus comienzos era: 'ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL Y OPTIMIZACIÓN TÉCNICO AMBIENTAL DE LAS ESTRUCTURAS DEL ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE LA VILLA DE SAN DIEGO DE UBATÉ, CUNDINAMARCA.'

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los problemas que se han presentado a causa del aumento de lluvias que afectado al país y más específicamente a la zona andina de este, incluyen deslizamientos y riesgo para la población y para los sistemas de captación de aguas naturales, en el caso del municipio de la Villa de San Diego de Ubaté, Cundinamarca. A causa de la excesiva lluvia sobre el Cerro la Cruz (Sucunchoque, Cundinamarca), se presentaron deslizamientos de material rocoso, que por su ubicación y proximidad al río Ubaté, han causado el desplazamiento del cauce y problemas a la estructura de captación de aguas naturales, provocando riesgo al suministro de agua potable para los 30.000 habitantes de la zona urbana del municipio al que provee de agua potable.

La bocatoma y la línea de aducción actualmente se encuentran en riesgo de taponamiento por los cerca de 200.000 metros cúbicos de material rocoso (identificados como lutita y arcillas), deslizados del cerro, que pueden causar problemas como la obstrucción del cauce y de la bocatoma, generando desabastecimiento de agua para la población, y una posible avalancha del material represado sobre la zona urbana del municipio. (Redacción Cundinamarca, 2012).

Se suman al riesgo inminente de taponamiento de la estructura de captación de aguas naturales, los efectos antrópicos que sobre la cuenca hacen presiones y disminuyen la eficiencia y operación de las demás estructuras que componen el acueducto municipal, afectando el entorno natural de las zonas de influencia de este.

Debido a la situación descrita, y a la baja eficiencia del acueducto, la población y los organismos interesados como son, la Dirección Administrativa de Servicios Públicos del Municipio, (Oficina De Servicios Públicos Del Municipio De Ubaté, 2012, la Alcaldía Municipal, la Gobernación de Cundinamarca, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca y la Unidad Nacional del Riesgo, requieren una evaluación del riesgo provocado por la situación referida, y una propuesta para optimizar el acueducto y su infraestructura, y de esta forma hacerlo más eficiente y seguro para las demandas de la comunidad del municipio de Ubaté, de acuerdo con las circunstancias actuales y futuras.

2. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con la información emitida por la Oficina de Servicios Públicos del Municipio, el peligro en el que se encuentra tanto la población como su sistema de abastecimiento de agua potable, sumado a la baja eficiencia de los desarenadores, tanques y conducción, hacen importante dar una propuesta viable para reducir el nivel del riesgo que afecta al sistema de captación de agua natural y potencialmente a la salud de los habitantes.

Esta investigación, busca identificar y evaluar los riesgos ambientales, con fin de presentar un criterio para formular una propuesta de optimización de la bocatoma y el sistema de aducción teniendo en cuenta las necesidades de la población. (Instituto Colombiano De Normas Técnicas Y Certificación, ICONTEC & Sistema De Administración Ambiental, Universidad Pedagógica)

De igual forma, se pretende proponer nuevos diseños para la bocatoma y el sistema de aducción, planeando estratégicamente su ubicación con el fin de reducir el riesgo, teniendo en cuenta la población y las implicaciones técnicas, ambientales, sociales y económicas que esta acarrea. (Ministerio De Desarrollo Sostenible Económico De Colombia, 2000)

Generando un valor agregado al diseño técnico del sistema de captación y la optimización del acueducto, se presenta una reducción del riesgo ambiental que compromete la situación de vulnerabilidad del acueducto municipal.

3. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECIFICOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar la optimización técnico ambiental del sistema de abastecimiento de agua potable para disminuir el riesgo ambiental del Municipio de Ubaté, Cundinamarca

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.2.1. Analizar y evaluar el riesgo ambiental que presenta el sistema de acueducto al municipio de Ubaté.

3.2.2. Diseñar la optimización de las estructuras que conforman el acueducto del municipio, teniendo en cuenta el riesgo que presenta.

3.2.3. Reducir técnicamente el riesgo ambiental que causa el acueducto del municipio.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. Marco Teórico

Dentro del proceso de investigación, se deben considerar términos y su conceptualización para que su entendimiento sea el correcto, cuando dentro de la misma. Su uso sea necesario, a continuación se listan los temas que dentro del proyecto tienen y necesitan relevancia de estudio.

4.1.1. Proceso de gestión del riesgo. De acuerdo con la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5254, parafraseada por la Guía Técnica Colombiana (GTC) 104, el proceso para la gestión del riesgo es un proceso polifacético, multidisciplinario y comunicativo entre las partes interesadas, y que sigue el ciclo de la gestión general, el ciclo PHVA, por el cual se hace la mejora continua de la gestión del riesgo.

La gestión del riesgo. Entendida desde el punto legal normativo, se contempla dentro de la Ley 1523 de 2012, como el proceso de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento y promoción del riesgo, así como también impedir o evitar que se genere, reduciéndolo o controlándolo cuando existe, preparándose y manejándose para preparar situaciones de desastre, y para la posterior recuperación, teniendo como proceso contribuir a la seguridad, bienestar y la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

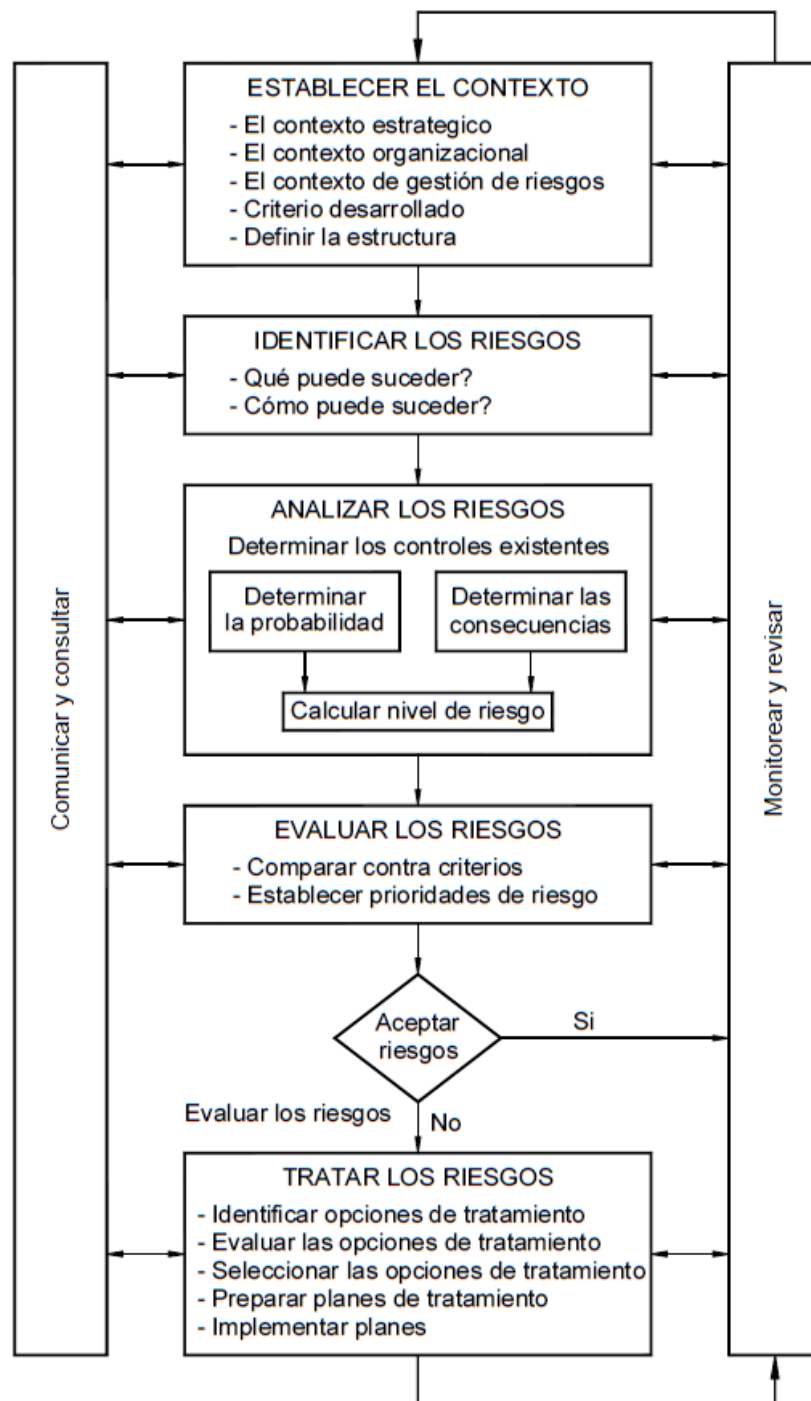
Otra concepción de la gestión del riesgo, la da la Guía Técnica de Soporte para identificar, reducir y formular planes de Contingencia por Riesgos sobre la calidad del Agua para consumo humano (2008) (MELO MÓRAN, Nery Z. & SALAZAR VALENCIA, Diana P., 2009), en la cual la gestión del riesgo, se considera como la capacidad de los actores sociales a desarrollar y conducir una propuesta de intervención consciente, concertada y planificada, para prevenir, mitigar o reducir el peligro existente, este es un proceso concatenado de análisis de amenazas, conocimiento de las vulnerabilidades, atención de las emergencias y rehabilitación y reconstrucción de zonas en desastre, además se actúa sobre tres momentos, antes, durante y después de los desastres, en la Figura 2. se evidencian los momentos de la gestión del riesgo.

En la Figura 1 se observa el ciclo general de la gestión del riesgo.

Figura 1. Ciclo general de la gestión del riesgo.

Fuente: NTC 5254

Figura 2. M





Fuente: Guía Técnica de Soporte para Identificar, Reducir y Formular Planes de Contingencia por Riesgos sobre la Calidad del Agua para Consumo Humano. Ministerio de la Protección Social y Min ambiente, 2008. (Melo Mórán, Nery Z. & Salazar Valencia, Diana P., 2009)

4.1.2. Riesgo ambiental El riesgo es definido como la 'Posibilidad de que suceda algo que tendrá impacto en los objetivos. Se mide en términos de consecuencias y posibilidad de ocurrencia' (Instituto Colombiano De Normas Técnicas Certificación, ICONTEC, 2006), según esta definición y complementado por la GTC 104, en la cual se dice que el riesgo ambiental se origina en relación con los seres humanos, sus actividades y el ambiente, por consiguiente se entiende como la posibilidad de que suceda un siniestro que tendrá impactos tanto en el ambiente como en la sociedad.

Según la GTC 104 el riesgo se divide en riesgos para el ambiente y riesgos para una organización debido a temas relacionados con el ambiente, en la primera, reconoce que una actividad en específico puede causar un impacto ambiental relacionado con flora y fauna, salud y/o bienestar humano, la prosperidad cultural y social, y recursos terrestres acuáticos, aéreos, energía y clima, y el segundo incluye el riesgo de no cumplir legislaciones u otras normas que la organización suscriba y que incluyen pérdidas de negocios como resultado de una gestión del riesgo pobre.

Según estas divisiones, el riesgo evaluado dentro de esta investigación se considera como un aporte significativo para la definición del riesgo ambiental, pero no es la apropiada para asumirla como la definición definitiva de este término.

También el riesgo puede ser concebido como el conjunto de daños o pérdidas sociales, económicas y ambientales que se presentan dentro de un territorio en un periodo de tiempo determinado (Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres & Ministerio del Interior y de Justicia, Dirección de Gestión del Riesgo, 2010) frente a la aparición de un suceso adverso.

Dentro de variadas bibliografías, el riesgo se considera como producto de la amenaza y la vulnerabilidad, por tanto es necesario definir las individualmente, esta definición y función para la aplicación del proyecto, aunque se debe considerar, no es de aplicación profunda por las cuestiones del análisis definido dentro de la metodología.

4.1.3. Amenaza Según el diagnóstico del plan básico de ordenamiento territorial, **Amenaza**, significa la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino, para un área y período de tiempo dados; ejemplo: los deslizamientos (Concejo Municipal de Ubaté, 2003), de acuerdo con esto una amenaza es confundida con la definición de riesgo, pero la diferencia radica, conceptualmente, en que la amenaza, es la probabilidad de ocurrencia del suceso mientras que el riesgo, lleva implícito el análisis y evaluación del mismo.

Según la Ley 1523 de 2012, la amenaza se entiende como el peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por acciones antrópicas de manera accidental, se presenta con la severidad suficiente de causar pérdidas humanas, lesiones e impactos a la salud y bienestar del ser humano y de sus ambiente social, así como también a los servicios y recursos ambientales.

Teniendo en cuenta las anteriores definiciones, y ratificando el concepto, el sistema nacional para la prevención y atención de desastres, define la amenaza como la probabilidad que se presente un fenómeno superado de cierta magnitud en un lugar y tiempo específico (Sistema Nacional para la Prevención Y Atención de Desastres & Ministerio del Interior y de Justicia, Dirección de Gestión Del Riesgo, 2010).

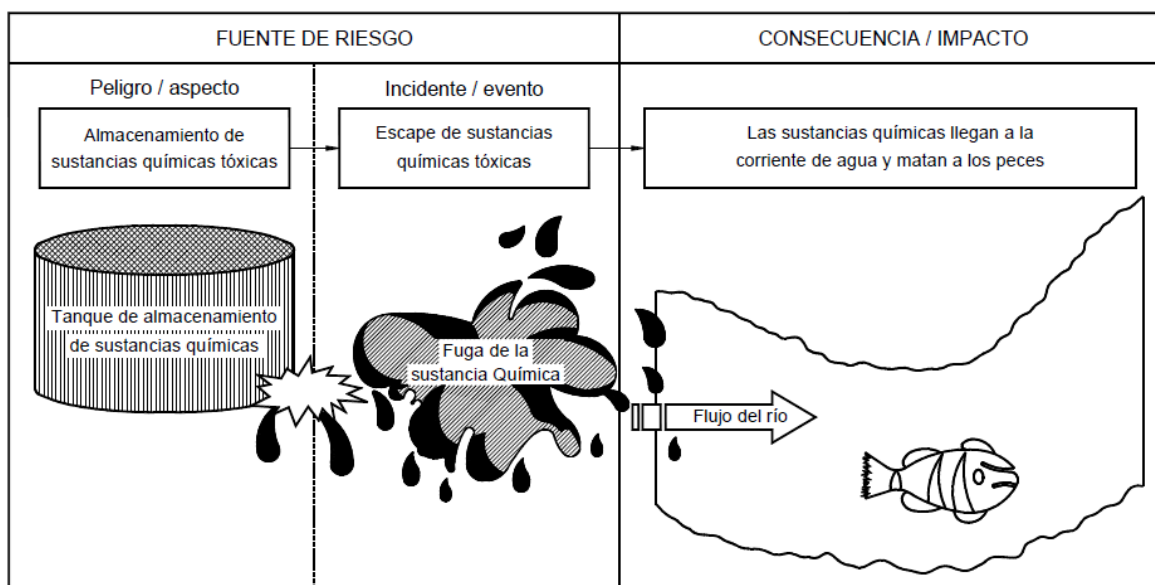
De acuerdo con estas definiciones complementarias de lo que es una amenaza, se logra tener una visión global de aquello a que se refiere el termino, entendiéndose como la posibilidad de que ocurra un siniestro generado por factores naturales o antrópicos accidentales, que puede causar impactos

negativos sobre el ambiente social y natural en el que se desarrolla una comunidad y que puede comprometer vidas, salud y bienestar de los habitantes.

4.1.4. Peligro Dentro de la concepción de las normas técnicas colombianas, el peligro es la fuente de daño potencial o situación con potencial para causar pérdidas (ICONTEC, 2006), esta definición aunque muy básica da los principios fundamentales para entender la cronología de los sucesos y las potencialidades que dan el origen a los siniestros, causas de impactos sociales y ambientales sobre los cuales se debe hacer control para mitigar los impactos.

Dentro de la GTC 104, hay una figura que ejemplifica las diferencias entre terminología pertinente para la investigación (Figura 3).

Figura 3. Riesgos, evento e impacto.



Fuente: GTC 104

4.1.5. Vulnerabilidad La vulnerabilidad según la normativa colombiana, es la susceptibilidad o fragilidad física, emocional, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un efecto físico peligroso se presente, la vulnerabilidad es la predisposición a sufrir pérdidas o daños en seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de los medios físicos, sociales y económicos (CONGRESO DE COLOMBIA, 2012).

Y según el Sistema Nacional para la Prevención del Riesgo, la vulnerabilidad es la propensión de los bienes sociales, económicos y ambientales a sufrir daño por la ocurrencia de un fenómeno amenazante específico (Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres & Ministerio del Interior y de Justicia, Dirección de Gestión del Riesgo, 2010).

Dentro de estas definiciones se observa que la vulnerabilidad es la predisposición a ocurrencia de un siniestro que afecte la calidad de vida organizacional de la población, entendida como el nivel de consecuencia social que puede llegar a ser un evento adverso para la comunidad.

4.1.6. Reducción del riesgo La reducción del riesgo, es entendida como la aplicación selectiva de técnicas apropiadas y principios de gestión a fin de reducir la posibilidad de una ocurrencia o sus consecuencias, o ambas (ICONTEC, 2006), pero dentro de la legislación colombiana, estas medidas se conocen como las medidas se dividen en acciones de mitigación y de reducción (Congreso de Colombia, 2012).

Las acciones de e mitigación del riesgo, son prescriptiva o correctiva, dirigidas a reducir o disminuir daños y pérdidas que puedan tener lugar a través de reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada, cuyo objetivo da dirigido a reducir condiciones de amenaza y vulnerabilidad, cuando sea posible y existan (Congreso de Colombia, 2012).

Y las acciones de reducción son dirigidas a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, entendiéndose como medidas de mitigación y prevención que se implementan con antelación para reducir la amenaza, exposición y disminuir la vulnerabilidad del medio social físico y biótico, evitando o minimizando los daños en caso de que un siniestro tuviese lugar, dentro de esta reducción se concentran intervenciones correctivas de riesgos existentes, la intervención prospectiva de riesgos nuevos y la protección financiera (Congreso de Colombia, 2012).

4.1.7. Prestación de los servicios públicos La prestación de los servicios públicos en Colombia se reglamenta partiendo de la constitución, permitiendo que la prestación se hiciera desde agentes no estatales, este proceso de apertura se reglamenta desde 1994 en la Ley 142, que redefine y complementa el esquema

institucional para la prestación de servicios públicos domiciliarios, como consecuencia, la autonomía de los acueductos quedo a cargo de los municipios.

La prestación del servicio de agua potable en Colombia se ha concentrado en cubrir zonas de densidad poblacional alta y dividida, lo que ha generado que múltiples entes prestadores del servicio se creen para este fin, dentro del área urbana del municipio estudio, la entidad prestadora del servicio tiene su base en la oficina de servicios públicos del municipio, lo que da cierto control y credibilidad al proceso de prestación del servicio, como conclusión la prestación del servicio es de buena calidad y garantiza un índice de riesgo de calidad de agua de 0% (Oficina de Servicios Públicos del Municipio de Ubaté, 2012).

4.2. Marco Legal

El marco legal o marco normativo, tiene de contenido la normatividad sobre la cual se sostiene esta investigación, así como los parámetros de organización para la gestión ambiental del riesgo y del uso, manejo, protección y aprovechamiento de los recursos naturales de un municipio, a continuación en la tabla 1 se relación la normatividad que se aplica para esta investigación:

Cuadro 1. Marco Legal.

Norma	Año	Descripción	Aporte a la investigación
Ley 99	1993	Por la cual se organiza la gestión ambiental y se organiza el SINA	En esta ley se resalta el desarrollo sostenible y el principio de precaución que se debe tener en los procesos para la gestión ambiental.
Decreto 2811	1974	Por el cual se dicta el código nacional de los recursos naturales	Se reglamenta el uso y el manejo de los recursos naturales, por medio del artículo 134 se garantiza la calidad de agua para el consumo humano, y en su litoral b se señala la necesidad de aprobar los métodos técnicos más adecuados para los sistemas de captación de agua para el sector privado y publico

Cuadro 1. (Continuación)

Norma	Año	Descripción	Aporte a la investigación
Ley 142	1994	Por el cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios	En el artículo 2 en su numeral 2,8, asegura que se deben garantizar los mecanismos para que los usuarios tengan acceso a los servicios públicos, definiendo en su artículo 4 que el servicio de acueducto es un servicio público esencial y necesario para el desarrollo humano.
Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS) [Modificado por la resolución 2320 de 2009 del MAVDT]	2000	Por el cual se dan disposiciones para saneamiento básico y agua potable.	Se dan conceptos básicos y técnicos para los diseños de obras hidráulicas para captación, transporte y disposición de agua potable.
Ley 09	1979	Por la cual se dictan medidas sanitarias	Artículo 491: por el cual se establecen las medidas frente a posibles riesgos, para prevenir y prestar atención en desastres, y de igual forma mantener el saneamiento ambiental de la comunidad afectada por desastres.
Ley 1523	2012	Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el sistema nacional de gestión del riesgo	Se dictan disposiciones generales para la gestión del riesgo en cuanto a la organización institucional para esta.

Cuadro 1. (Continuación)

Norma	Año	Descripción	Aporte a la investigación
Decreto 93	1998	Por el cual se adopta el plan nacional de prevención y atención de desastres.	Se adoptan las estrategias, programas y descripciones para la gestión del riesgo dirigida hacia la prevención y mitigación y reducción de los impactos generados por fuentes de peligros y la preparación y atención de desastres.
Fuente: autor			

4.3. Marco Geográfico

Este proyecto, se desarrolla dentro del crecimiento y progreso socioeconómico del municipio de Ubaté, el cual se abastece de agua potable para sus pobladores, dentro del POT del municipio está contemplada la utilización de estas áreas para estos usos, de igual forma el sistema de aducción posee su correspondiente zona de paso por la cual se transporta el agua cruda hasta la planta de tratamiento de aguas naturales para su correspondiente distribución a el área urbana del municipio.

Dentro de este marco geográfico se deben contemplar en su totalidad las áreas rurales que interactúan directamente con el río Ubaté, ya que estos son posibles afectados por los riesgos y los siniestros que se puedan generar, de igual forma se debe contemplar toda el área urbana que está siendo suministrada con el agua extraída de este río, y que también son potenciales afectados por los siniestros que pudiesen llevarse a cabo en el área de estudio, ya sea por el desabastecimiento de agua potable o la disminución de la calidad del agua, así como la probable avalancha que se potencialmente se generaría si el movimiento de tierras termina sin antes tener una preparación y un plan de contingencia adecuado.

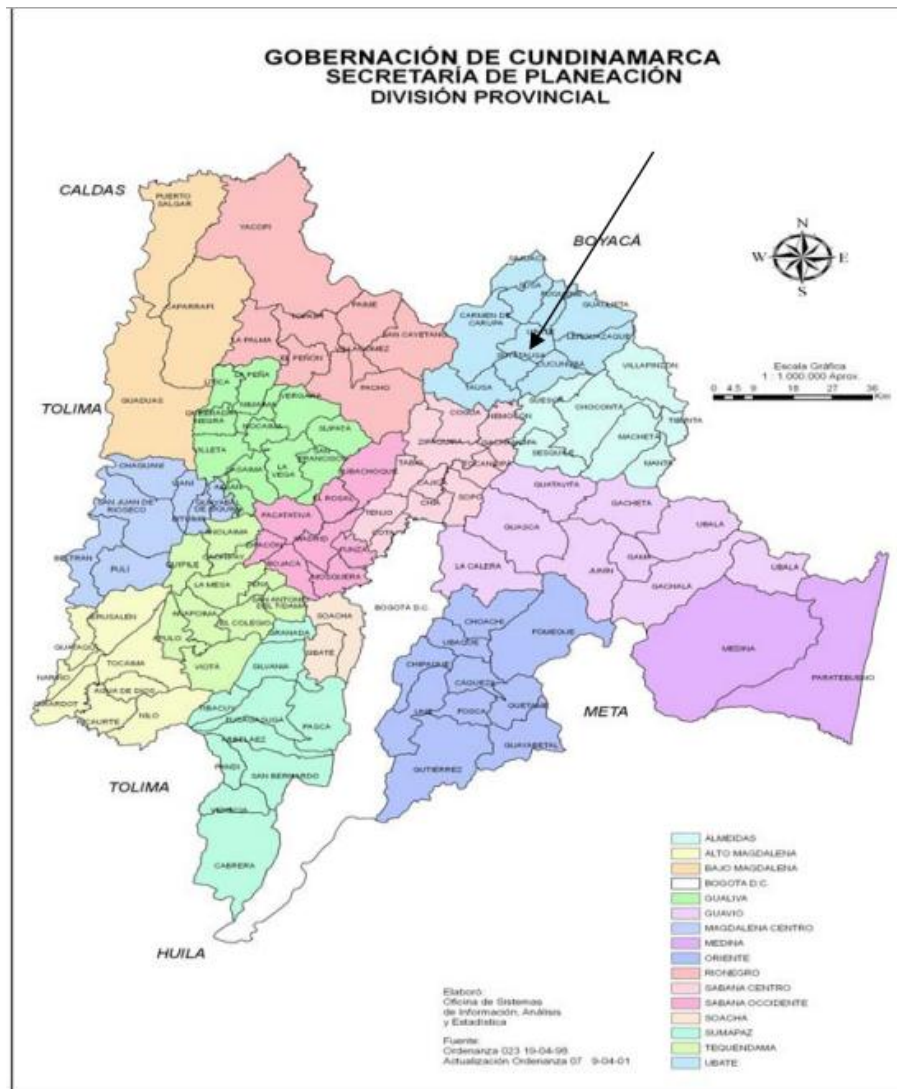
De esta forma se tiene que en toda su totalidad el marco geográfico del proyecto abarca gran cantidad del área rural del municipio y toda el área urbana del mismo, conocida como Sucunchoque, Ubaté, está ubicado en latitud: 5°18'24" al norte y longitud:-73°18'24" al oeste del meridiano de Greenwich, dentro del departamento de Cundinamarca, a 85 kilómetros desde la Bogotá D.C., a una altura de 2.559 msnm, con una temperatura promedio de 14° C, y de acuerdo con su división política, el municipio cuenta con un casco urbano y un sector rural conformado por nueve veredas.

El casco urbano cuenta con un hospital, una plaza de mercado y varias plazas y parques y muchas fábricas, en su mayoría lecheras, el producto por excelencia de la zona.

Límites del municipio:UBATÉ es uno de los 116 municipios que conforman el Departamento de Cundinamarca. Esta localizado en la parte norte de la Sabana de Bogotá.

La Provincia limita al Norte; Noroeste y Noreste con el Departamento de Boyacá, al Occidente con la Provincia de Rio Negro; al Sur con la Provincia de Sabana Centro y al Sureste y Oriente con la provincia de Almeidas, está a una altura aproximada de 2556 msnm, tiene una extensión total de 102 Km², de la cual, aproximadamente, el 96% es de área rural y el restante 4% es de área urbana, y la temperatura promedio es de 13°C, en la figura 4 se muestra el municipio dentro del departamento.

Figura 4. Localización departamental del municipio.



Fuente: Informe de visita técnica ocular No. 22, Planeación de Cundinamarca, 2009 (Secretaria de Planeación del Departamento de Cundinamarca, 2009)

El problema que da origen a la investigación, se ubica sobre la vereda Sucunchoque del Municipio de Ubaté, la cual es el 11.34% del territorio veredal del municipio (Concejo Municipal de Ubaté, 2003)

En cuanto a la cuenca del Rio Ubaté, la zona de importancia para el proyecto es en su mayoría (80%) zonas montañosas y colinas estructurales en paisajes de planos de inundación y terrazas de origen fluviolacustre, divididas en climas de paramo a frio húmedo y seco, el 23.82% de la cuenca presenta tierras para la

preservación de la cual, cerca de la mitad se distribuyen en suelos para la protección y/o producción con sistemas de producción protectores del suelo. (Concejo Municipal de Ubaté, 2003)

El municipio está conformado por dos grandes regiones definidas; una plana ligeramente ondulada situada al oriente del municipio, y una montaña al occidente con alturas superiores a 3.200 msnm.

El municipio se encuentra en el piso térmico frío, y esta regado por los ríos Ubaté y Suta, y varias corrientes menores, y dentro de su jurisdicción hay parte de algunos cuerpos lenticos como la laguna de Cucunubá y la desaparecida laguna de Palacio, el municipio pertenece al área hidrográfica de los ríos que lo bañan y tiene un área de influencia de aproximadamente 612 Kilómetros cuadrados, y descarga sus aguas en la hoya del río Suarez y a su vez en la Laguna de Fuquene.

La mayor actividad económica del municipio es la agropecuaria, y como actividades económicas complementarias, está el comercio, la prestación de servicios y la industria de transformación de productos lácteos.

4.4. Marco Demográfico

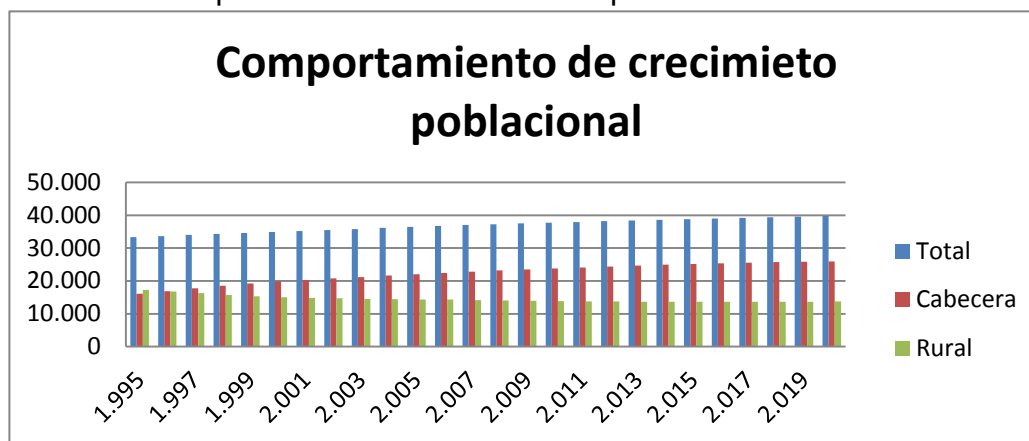
Siendo el marco demográfico una abstracción más específica del marco geográfico, expuesto anteriormente en el... numeral 4.3..., el marco demográfico toma en cuenta en su totalidad la población dentro del casco urbano y dentro del área rural del municipio, y de acuerdo con el DANE y a su censo del año 2005, en la cabecera municipal habitan alrededor de 23.830 personas, y en el área rural, 13.876 personas, con un total de 37.706 habitantes.

De esta cantidad de habitantes hay un promedio de 3.8 habitantes por hogar, dentro de la cabecera la cantidad de habitantes por casa es de 3.7, y en el resto del municipio, es de 4.2 habitantes por hogar.

Del total de pobladores el 0.7% se auto reconoce como indígena, y el 0.6% se considera negro, mulato, afro colombiano o afro descendiente (DANE).

De acuerdo con el diagnóstico del Plan básico de ordenamiento territorial (Concejo Municipal de Ubaté, 2003), en su tabla número 58, se encuentra la proyección y su comportamiento tendencial hasta el año 2009, del cual se observó en la gráfica 1 el comportamiento de la población.

Gráfica1. Comportamiento de crecimiento poblacional



Fuente de datos: Estimaciones de población 1995 – 2005 y proyecciones de 2005 – 2020. (DANE)

Fuente de gráfico: Autor.

5. DISEÑO METODOLOGICO

Teniendo en cuenta la finalidad del proyecto y su naturaleza, por medio de la metodología se pretendió diseñar estrategias organizadas y cronológicas para cumplir por completo los objetivos planteados, se logró evaluar el riesgo que se presenta en el área de captación de aguas naturales del municipio de Ubaté y de acuerdo con esto se diseñó la propuesta para las nuevas estructuras que componen la aducción, por la cual se transporta el agua cruda hasta la planta de tratamiento de aguas naturales.

En la primera etapa se hizo una revisión de antecedentes, y se identificaron los que podían aportar a la realización del proyecto, de esta forma se contó con fundamentos para llevar a cabo el proyecto.

A partir de los antecedentes, y de las visitas a la zona de interés, se identificaron posibles riesgos que estaban presentes por la situación, de acuerdo con esto se procedió a hacer un diagnóstico real sobre la situación, elaborando un panorama, y una evaluación, con el fin de priorizar los peligros, apoyado en las metodologías aprobadas para la evaluación de riesgos (ICONTEC , 2004 & 2006)

De acuerdo con esto y teniendo en cuenta los riesgos, se procedió a realizar una propuesta de cómo la optimización técnica de los sistemas de captación y aducción ayudarían a disminuir el peligro que sobre la comunidad recae, y a formular los posibles cambios que necesitan las estructuras.

A continuación se describen detallada y sistemáticamente las fases de la metodología que permitió el cumplimiento de los objetivos acorde con la etapa en la que se encuentra el proyecto y la investigación:

5.1 Fase de documentación

En esta fase, se buscaron artículos científicos, de revistas reconocidas en investigación, se indagó sobre tesis acerca del tema, se buscaron toda clase de publicaciones relacionadas con el tipo del proyecto que contribuían a los aspectos relevantes del mismo y sus objetivos, de acuerdo con alcance definido, se partió de una revisión general de los documentos identificando y caracterizando de forma general y teórica la situación en la cual se encuentra el sistema de captación de aguas del municipio, teniendo como referencia todos los documentos y demás publicaciones a los que se tuvieron acceso.

También se hizo una revisión de la normativa ambiental colombiana sobre el tema de riesgos ambientales, sobre la cual se mantiene enmarcado el proyecto,

teniendo como referente la legislación general sobre recursos naturales y su utilización, así como asegurar la seguridad de los habitantes y las condiciones para su desarrollo.

5.2. Fase de Campo

La fase de campo contemplo visitas para evaluar e identificar los riesgos presentes dentro del área de estudio, como parte de estas visitas se hicieron localizaciones geográficas y se tuvo en cuenta los posibles y más importantes siniestros que puedan ocurrir a causa de la situación de peligro.

En las visitas a campo se identificaron los usos del suelo y si están de acuerdo con el uso potencial de este, y así tener más criterios para ordenar y desarrollar la optimización técnico ambiental del sistema de aducción del acueducto del municipio, para la cual también se necesitaron planos topográficos de la zona.

Para estas visitas, se llevo una lista de chequeo, la cual es contemplada y explicada en la siguiente fase metodológica.

5.3. Fase de identificación de riesgos.

Los factores de riesgo, se identifican con el conocimiento y la interpretación de peligros que son fuente de peligros para el ambiente y la población, la identificación inicia con la elaboración de un listado de peligros que puedan causar daños tanto al ambiente como a los recursos naturales y a la integridad humana.

La identificación pertinente de riesgos parte de identificar peligros significativos y sus posibles consecuencias con la mayor precisión y claridad posible, con la contextualización adecuada.

Para esta fase, se necesita tener los resultados de la primera fase, sobre la cual se tiene información documentada, y se hará paralelamente con la fase anterior, que como resultado se obtiene información visual sobre el medio físico, biótico y social de la zona, identificándose factores como las características físicas, biológicas, la vulnerabilidad y los factores de riesgo, tanto de la zona de estudio como el ambiente circundante.

Por último se hace un listado de los peligros ambientales identificados que afectan el ambiente y a la comunidad en general, referenciando los aspectos o causas del riesgo y sus posibles impactos (duraderos, críticos, crónicos, acumulativos y/o sinérgicos), teniendo en cuenta la incertidumbre que se genera al momento de su

identificación, con preguntas como ¿Qué puede suceder? Y ¿Cómo y por qué puede suceder? (ICONTEC, 2006)

Para la determinación de los posibles riesgos se usa una lista de verificación, en la cual se consignan sucesos y situaciones que dan paso a posibles peligros ambientales, detectándose situaciones factores del mismo, los resultados se dispusieron para la confrontación y evaluación de riesgos y para la toma de decisiones frente a la reducción de este, la lista de verificación que se utilizó se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Lista de verificación.

Sucesos													
Suceso	Probabilidad					Consecuencia					Impacto*	Observaciones	
	A	B	D	C	E	1	2	3	4	5			
	A	B	D	C	E	1	2	3	4	5			
	A	B	D	C	E	1	2	3	4	5			
	A	B	D	C	E	1	2	3	4	5			
	A	B	D	C	E	1	2	3	4	5			
Lugares de interés													
Lugar de interés	Coordenadas planas					Vulnerabilidad					Observaciones		
Fuente: autor													

(*)Dentro de los impactos se debe listar si son duraderos, críticos, crónicos, acumulativos y/o sinérgicos

5.4. Fase de análisis de riesgos ambientales

El análisis se hizo con el objeto de dividir los riesgos según su significancia y proporcionar datos que ayuden a la evaluación del mismo, este análisis comprende las consecuencias y las probabilidades de que estas ocurran, de esta forma priorizar los peligros y determinar si son o no aceptables y qué tan grande son.

En este análisis se evalúan las consecuencias potenciales, relacionadas con la medición de la gravedad del impacto y la posibilidad relacionada con la ocurrencia del impacto, para esta, dada la situación se conoce que no hay muchos controles existentes enfrentándose al riesgo, pero a medida de la evolución del proyecto, se fueron introduciendo los controles que se implementaron por la Oficina de Servicios Públicos del Municipio.

Este análisis se hizo desde la perspectiva cualitativa, sobre la cual se identificó la posibilidad y la consecuencia del siniestro, por medio de los cuadros 3 al 5.

Cuadro 3. Posibilidad de que suceda el evento.

Nivel	Descriptor	Descripción
A	Casi seguro	Se espera que suceda en la mayoría de las circunstancias
B	Probable	Probablemente suceda en la mayoría de las circunstancias
C	Posible	Podría suceder
D	Improbable	Podría suceder pero no se espera que lo haga
E	Raro	Sucede solamente en circunstancias excepcionales
Fuente: GTC 104 de 2004		

Cuadro 4. Consecuencia del siniestro.

Nivel	Descriptor	Descripción
1	Catastrófica	Muerte, liberación de tóxicos en lugares alejados con efecto nocivo, enormes costos financieros
2	Mayor	Lesiones extensas, pérdidas de la capacidad productiva, liberación en lugares alejados contenida con asistencia externa y poco impacto nocivo, pérdida financiera importante
3	Moderada	Exige tratamiento médico, liberación en lugar contenida con asistencia externa, pérdida financiera alta
4	Menor	Tratamiento de primeros auxilios, liberación en el sitio contenida inmediatamente, pérdida financiera media.
5	Insignificante	Sin lesiones, pérdida financiera baja, impacto ambiental significativo.
Fuente: GTC 104 de 2004		

Cuadro 5.Resultado del análisis de riesgos.

Posibilidad	Consecuencia				
	Catastrófica	Importante	Moderada	Menor	Insignificante
Casi seguro	E	E	E	A	A
Probable	E	E	A	A	M
Posible	E	E	A	M	B
Improbable	E	A	M	B	B
Raro	A	A	M	B	B
Clave: E= riesgo externo, exige acción inmediata. A= alto riesgo, es necesaria la atención por parte de las autoridades M= riesgo moderado, se debe especificar la responsabilidad de las autoridades B= riesgo bajo, gestionado mediante procedimientos de rutina					
Fuente: GTC 104 de 2004					

Dentro de este análisis cualitativo se tiene en cuenta la incertidumbre, esta se presenta en cuanto a la complejidad del ambiente, las fluctuaciones estadísticas, la falta de datos confiables, así como los factores relacionados con el tiempo (ICONTEC, 2006).

5.5. Fase de evaluación de riesgos ambientales

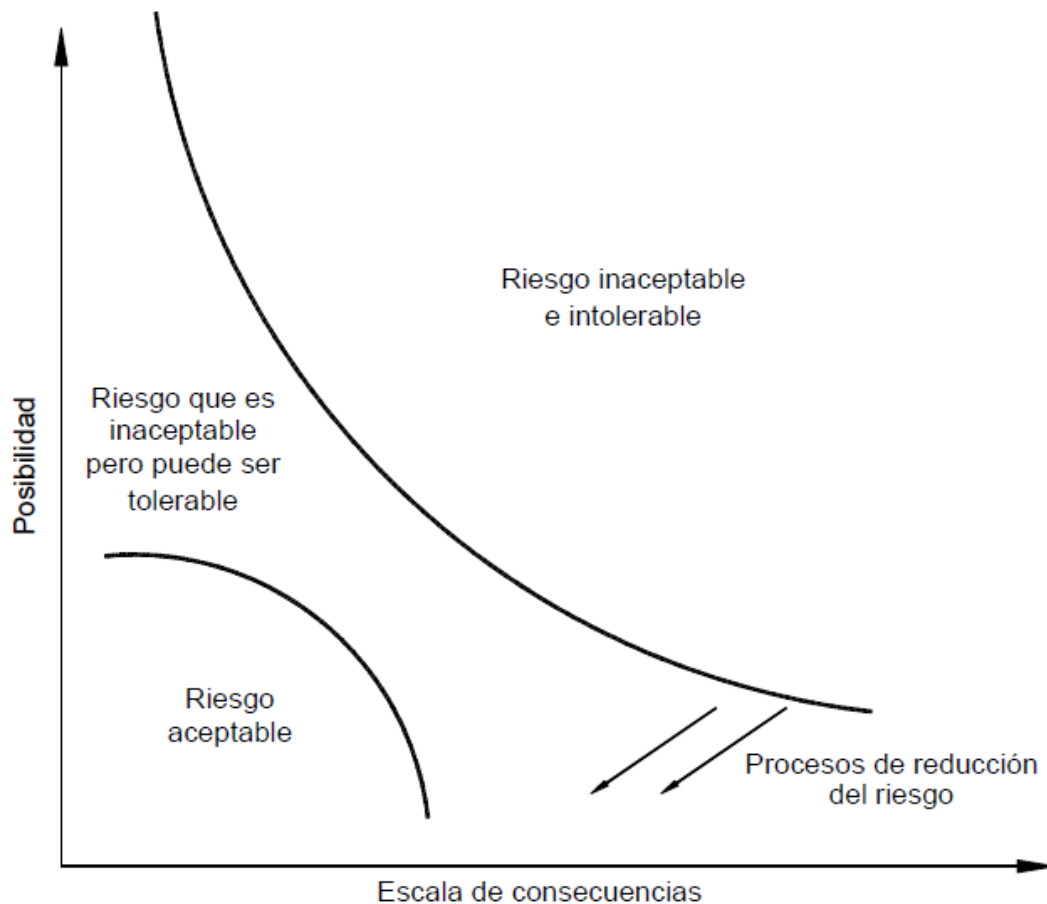
Esta evaluación del riesgo permite valorar peligros identificados partiendo del análisis, como resultado se logra brindar información que permite jerarquizar por importancia, los peligros y riesgos identificados, con base en aspectos de orden social, ambiental y económico.

De estos riesgos significativos, se obtiene un criterio base para la toma de decisiones, dentro de las cuales se contemplan la garantizarían del servicio de agua potable para la comunidad.

Teniendo como resultado el análisis de la fase anterior, se priorizan y jerarquizan los riesgos teniendo como criterios demás legislaciones aplicables al proyecto, así como también las consideraciones que el autor tenga en cuenta, para de esta forma saber sobre que potenciales riesgos se debe actuar primero.

Esta evaluación parte de los resultados de la fase anterior y lista los verdaderamente significativos, partiendo de la gráfica 2.

Grafica 2. Evaluación de riesgos



Fuente: GTC 104-2004

5.6. Fase de tratamiento del riesgo.

La fase del tratamiento de riesgo, contemplo la identificación del proceso de mitigación de peligros como la pérdida del suministro de agua potable, esto por medio del diseño de la optimización de los sistemas de captación y aducción.

Esta fase contemplo en su primera etapa, la determinación de opciones para la reducción del riesgo, así como las ventajas y contratiempos que puedan suceder de acuerdo con cada alternativa, de acuerdo con estas, se evaluarán y se decidirá cuál de las opciones es la que cumple mejor con los criterios para identificar y tratar los peligros.

Como segunda etapa dentro de esta fase, se procedió a hacer la identificación del nivel de complejidad según el RAS en su título correspondiente, de acuerdo con esto se obtendrá la demanda del recurso y teniendo en cuenta la cantidad del recurso necesario, se diseñarán las posibles optimizaciones al acueducto

buscando reducir los riesgos que se presenten sobre la población, apoyándose en mapas y diseños básicos de ingeniería sobre el trazo y los lugares de las estructuras que conforman el sistema de aducción, y su correspondiente optimización.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

De acuerdo con la descripción metodológica, se desarrollaron capítulos contestando a cada fase del proyecto, de esta forma contando con lo descrito del proyecto dentro de los numerales anteriores, es de importancia, referenciar nuevamente información relacionada con la problemática presentada.

6.1. Descripción de la fuente hídrica principal del municipio y del sistema de captación y aducción.

6.1.1. Fuente hídrica: Río Ubaté El río Ubaté hace parte de la cuenca del río Ubaté – Suarez, localizada dentro de los 3.590 y 2.550 msnm, y es el río más importante de la Villa de Ubaté, pero es el más amenazado ambientalmente de la cuenca, este río está alimentado por el embalse el Hato, el cual regula el caudal del río el Hato y algunas quebradas menores, que vienen de los municipios de Carmen de Carupa y de Tausa.

El río Ubaté se caracteriza por tener una temperatura media que oscila entre los valores anuales de 12,5 y 13°C, la precipitación anual oscila dentro de los 740 – 800 mm, relativamente bajo, y en periodos secos (Enero, febrero, Julio y Agosto) registra valores que no superan los 50 mm/mes, y en diciembre puede llegar a valores de 800 mm/mes.

En cuanto a las condiciones organolépticas del río, el agua tiene las características aptas para un tratamiento convencional antes del consumo humano, el cual se lleva a cabo dentro del acueducto municipal, en época de lluvias, la contaminación aumenta lo cual dificulta el tratamiento y se hacen necesarios más esfuerzos para su tratamiento.

6.1.2. Sistema de captación y aducción del municipio El sistema de captación de aguas está compuesta por una bocatoma de fondo, construida sobre el río Ubaté, con una rejilla de fondo de dimensiones de 1.30 m X 0,6 m, ubicada transversal a la dirección de la corriente del río.

La aducción consta de una cámara construida en concreto y mampostería de dimensiones de 4.0 m X 4.0 m X 1.8 m, y debido a fallas geológicas se encuentra con fisuras, generando riesgo sobre el río y sobre el sistema de captación del agua.

El fluido sale de la cámara de aducción por una tubería de 12" de diámetro a presión por gravedad, la cual conduce el agua hacia una cámara de repartición, la cual está construida en concreto reforzado, logra dividir el caudal, y lo dirige hacia dos desarenadores por medio de una tubería de gres de 10" de diámetro, la falta de mantenimiento hace que las pérdidas de caudal aumenten en esta cámara.

Los dos desarenadores, están contruidos en concreto reforzado, los cuales logran hacer un pre tratamiento reteniendo partículas sólidas. El primer desarenador tiene de longitud 10,0 m, ancho de 2,25 m y profundidad de 2,1 m, y el segundo desarenador tiene ancho de 5,0 m, largo de 16,5 m y profundidad variable entre 1,92 y 2,1 m, el desarenador más pequeño, presenta filtraciones y deterioros lo cual aumenta la perdida de caudal.

La conducción de agua cruda está compuesta por principalmente cuatro tramos, como se observa en el cuadro 6.

Cuadro 6. Tramos de la línea de conducción de agua cruda.

N	Diámetro (")	Longitud (m)
1	12	5348.5
2	10	4991.38
3	10	5311.2
4	8	2567.11
Fuente información: Oficina de servicios públicos del municipio.		
Fuente cuadro: Autor		

De estos tramos de conducción, el primero se encuentra hecho en PVC, y es relativamente nuevo ya que fue construido entre el 2000 y el 2008 y tiene los accesorios necesarios, el segundo tramo presenta las cotas clave y la línea piezométrica muy cerca, y en el tercero tramo se encuentran aberturas y deslizamientos por movimientos de tierra constantes sobre el terreno, los demás tramos se encuentran en condiciones aceptables.

6.1.3. Diagnóstico de la fuente y de los sistemas de captación, aducción y conducción Para realizar el diagnóstico de la fuente, se tomaron los datos de la Estación la Boyera, ubicada sobre el rio Ubaté, los cuales indican un caudal en temporada seca de 340 L/s y que en temporada de lluvias, es de 12.650 L/s, y en cuento a la calidad del agua, presenta una turbiedad de 39 UNT, un color de 89 u Co/Pt, y coliformes incontable.

En cuanto a la captación, esta tiene una capacidad de 100 L/s, el estado de la bocatoma, aunque se presentaron desplazamientos, es aceptable, su

funcionamiento, también es aceptable, y el mantenimiento por parte de la Oficina de Servicios Públicos del municipio, es aceptable pero no suficiente.

Los desarenadores presentan una entrada y una estructura general en buenas condiciones, el primero de estos tiene aproximadamente 50 L/s y el segundo 45 L/s, los dos presentan un estado de colmatación regular y el mantenimiento por parte de la Oficina de Servicios Públicos del municipio, es deficiente, lo cual aumenta la colmatación y las pérdidas de aducción.

6.2. Riesgos ambientales dentro de la cuenca del río Ubaté (Identificación, análisis y evaluación)

De acuerdo con la situación actual del territorio se identifican riesgos dentro de toda la cuenca para así, obtener una referencia general de la misma, teniendo como límite de la cuenca, están la represa el Hato y los límites del municipio de Ubaté, logrando centrar la investigación en el sitio de interés del proyecto (Vereda: Sucunchoque), de esta forma se pueden identificar los riesgos que se pueden presentar dentro del territorio de importancia y tener un criterio de decisión para las alternativas de reducción del riesgo.

6.2.1. Identificación y análisis de riesgos Siguiendo con la metodología planteada, se identificaron y se consignaron dentro de la matriz dispuesta para este fin, los riesgos contemplando su caracterización individual, así mismo se describieron cada uno de forma más específica después de la matriz.

En esta identificación, análisis y evaluación del riesgo, se tuvieron en cuenta los controles existentes que dentro del sitio de interés se llevan a cabo, de esta forma, con los controles puestos en marcha se obtiene una disminución de las consecuencias probables que sobre el sistema de acueducto del municipio y sobre la población, puedan suceder, los impactos se especifican y se explican a continuación del cuadro 7.

Cuadro 7. Lista de verificación llena.

Sucesos				
Suceso	Probabilidad	Consecuencia	Impacto	Observaciones
Deslizamiento	A	3	Crítico y duradero	Dado por la inestabilidad del terreno se ve incrementado por lluvias

Cuadro 7. (Continuación)

Sucesos	Probabilidad	Consecuencias	Impacto	Observaciones
Sismo	C	3	Crítico, acumulativo, duradero y sinérgico	Se debe a la inestabilidad del terreno y a su evolución geológica.
Aumento de caudal	C	4	Crónico	Se ve afectado por las actividades de la represa del Hato y depende del clima.
Aumento de solidos suspendidos	D	3	Crónico y acumulativos	Se ve afectado por actividades antrópicas de la cuenca y depende del clima
Incendio	D	3	Acumulativo	Depende principalmente del clima pero se ve afectado por actividades antrópicas.
Lugares de interés				
Lugar de interés	Coordenadas planas	Vulnerabilidad	Observaciones	
Bocatoma	*	Alta	Se puede llegar a taponar o inhabilitarse para la captación de agua	
Desarenadores	*	Alta	Se pueden llegar a inhabilitar por grietas o por taponamiento	
Casas situadas cerca del derrumbe	*	Alta	Se pueden derrumbar e involucrar vidas de humanos	
Vía Ubaté – Carmen de Carupa	*	Alta	Se puede desbancar.	
Fuente: autor				

*las coordenadas se referencian en el **anexo1**, en el cual se identifican los lugres de interés.

De acuerdo con la lista de verificación llena, se obtuvieron posibles sucesos y con estos, su probabilidad, consecuencia e impactos, a continuación se listaran y

describirán cada uno de ellos para su mayor entendimiento en cuanto a la valoración de la probabilidad y la consecuencia.

6.2.1.1. Deslizamiento Esta situación se presenta debido a la continuación del deslizamiento del material del Cerro la Cruz y que es el origen de este estudio, actualmente, se conoce que se ha deslizado gran parte del cerro, lo que ha generado cambios en el curso y en la morfología del cauce de agua aledaño, del cual se obtiene el agua para el acueducto urbano del municipio, se puede contemplar en las fotos de la 1 a la 6.

Foto 1. Aspecto general del deslizamiento.



Fuente: Autor.

Foto 2. Cercanía del deslizamiento a los tanques desarenadores



Fuente: Autor

Foto 3. Cercanía del deslizamiento a la bocatoma y a los tanques desarenadores.



Fuente: autor

Foto 4. Aspecto general del deslizamiento cerca a la bocatoma.



Fuente: Autor

Foto 5. Cambio de curso del río por el deslizamiento.



Fuente: Autor

Foto 6. Curso del río afectado por el deslizamiento.



Fuente: Autor

Gracias a las visitas se identificó una gran cantidad pequeños deslizamientos por toda la orilla occidental del rio (fotos de la 7 a la 15), es una zona montañosa de altas pendientes con una gran vegetación que desde la cumbre, baja y puebla casi todo el talud de las montañas, lo cual genera sobrepeso del terreno y con la llegada de la temporada de lluvias la posibilidad de que se deslice otra parte del mismo, aumenta. De igual forma las pendientes tan pronunciadas generan un riesgo mayor a que haya deslizamientos y sumada la topografía del terreno, se puede concluir que es una zona propensa a los deslizamientos.

Foto 7. Edificación afectada por deslizamientos aguas arriba de la bocatoma.



Fuente: Autor

Foto 8. Deslizamiento aguas arriba de la bocatoma



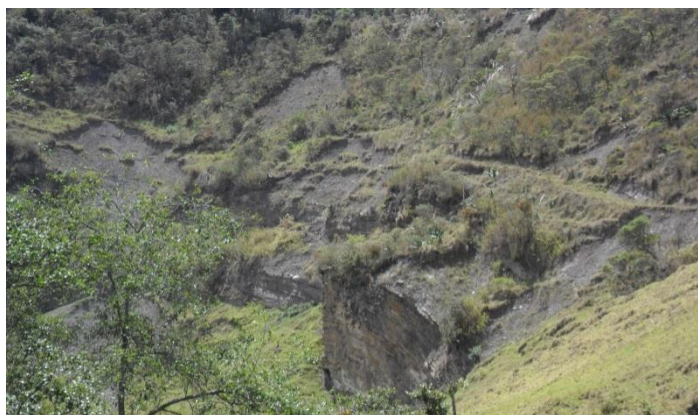
Fuente: Autor

Foto 9. Remoción en masa aguas arriba de la bocatoma



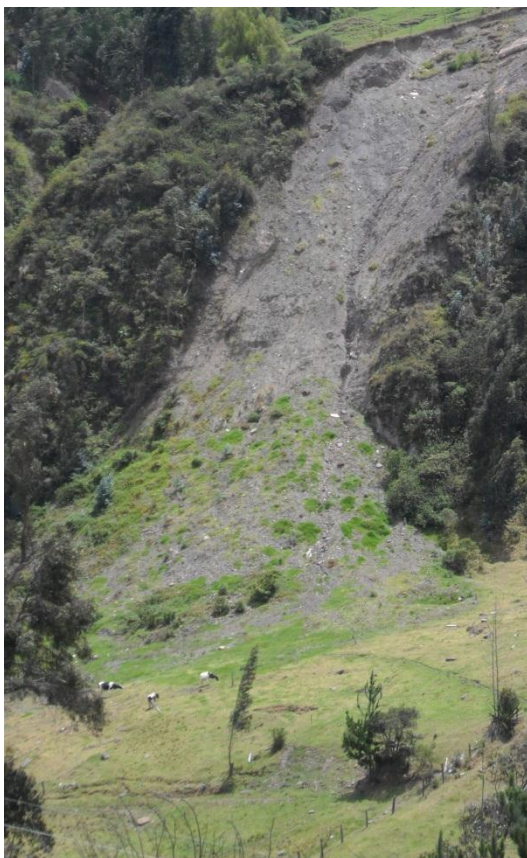
Fuente: Autor

Foto 10 y 11. Remoción en masa en ladera occidental del río.



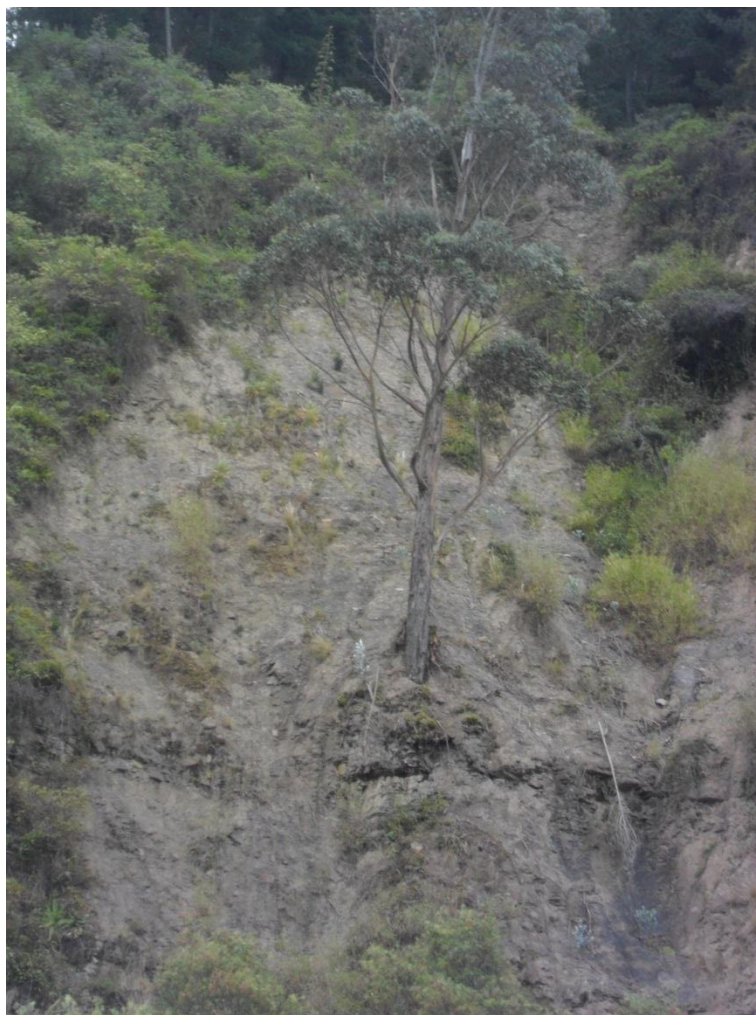
Fuente: Autor

Fotos 12, 13 y 14. Pequeños deslizamientos en la ronda occidental del río, aguas abajo de la bocatoma.



Fuente: Autor

Foto 15. Deslizamiento aguas abajo.



Fuente: Autor.

La situación de deslizamiento del Cerro la Cruz, indudablemente representa el mayor riesgo y la mayor vulnerabilidad tanto para la bocatoma, como para el municipio en general (Fotos: 1, 3 y 4), de igual manera el deslizamiento total del material proveniente del Cerro la Cruz, puede generar. De acuerdo con su gravedad, un taponamiento total del cauce del río y de la bocatoma, ocasionando un desabastecimiento de agua para el área urbana del municipio, y a su vez crear una represa, que detenida por el material rocoso deslizado, puede formar, si el talud no soporta la presión generada por el río, una avalancha que destruya gran parte de la zona rural adyacente al río y dependiendo del nivel de consecuencias, también puede generar situaciones graves dentro del área urbana del municipio.

La probabilidad de ocurrencia, es casi segura, como se evidencia en los conceptos de varios expertos de los organismos públicos ambientales que acompañaron las decisiones del municipio, así como en las opiniones de los funcionarios del

municipio y se corrobora con lo visto y con los estudios previos del área, no se sabe en cuanto tiempo, pero es muy probable que el deslizamiento total del material rocoso se produzca.

Algo importante por resaltar en este numeral es la consecuencia. Como ya se vio la probabilidad de ocurrencia del suceso es casi segura y la consecuencia es moderada, esto ocurre porque a partir de los primeros síntomas de derrumbe del cerro, las autoridades del municipio, la Oficina de Servicios Públicos y la Secretaría de Obras Públicas del municipio, diseñaron métodos para que el río continúe su cauce y no se represe el agua a tal punto que produzca una avalancha, de esta manera diseñaron un canal, que en caso de taponamiento del cauce, se generaría una represa controlada en la que el agua va a llegar hasta un punto determinado y de ahí, va a seguir río abajo por el canal, en las fotos 16, 17 y 18 se puede contemplar el canal. Más adelante en el **anexo 1** se verá el diseño y la funcionalidad del mismo. De la misma manera construyeron un muro de contención para reducir la erosión sobre la orilla oriental del río, que había causado el hundimiento y derrumbe de la carretera que de Ubaté conduce a Carmen de Carupa, ver Fotos 19, 20, 21 y 22.

Foto 16. Canal.



Fuente: Autor

Foto 17. Canal, reductores de erosión.



Fuente: Autor

Foto 18. Vista general del canal cerca del deslizamiento.



Fuente: Autor

Foto 19 y 20. Derrumbe de la vía Ubaté – Carmen de Carupa.



Fuente: Autor

Fotos 21 y 22. Muro de contención para el mejoramiento de la vía.



Fuente: Autor

Y aunque el canal reduce la probabilidad de avalancha, el riesgo de desabastecimiento de agua permanece, ya que el canal conduce el agua hasta un

punto del cauce del río aguasabajo de la zona de la bocatoma, y por esa razón la consecuencia de este siniestro se considera moderada.

Dentro de este siniestro, se ubican puntos de interés en cuanto a vulnerabilidad, la bocatoma, es uno de los puntos más vulnerables por que se encuentra cerca al derrumbe, en caso del deslizamiento, esta estructura quedaría totalmente taponada y sin funcionamiento, de la misma forma, los desarenadores están ubicados en zonas cercanas a la bocatoma y sufrirían estructuralmente por el movimiento telúrico e igual también pueden quedar completamente taponados y enterrados dentro del material rocoso que posiblemente se deslizara. Los otros sitios vulnerables, son las casas que quedan cerca del deslizamiento y que se encuentran en riesgo de quedar sepultadas por la roca.

Otro punto vulnerable, es la vía que de Ubaté conduce a Carme de Carupa, ya que debido a la erosión de la roca por efecto del agua, hay probabilidad real de que el deslizamiento al que ya hubo lugar se agrave, para asegurar la movilidad se construyó un desvío provisional que evita que los carros transiten por la zona desbancada.

Los impactos que se referencian en el Cuadro 7, se listan teniendo en cuenta las consecuencias que sobre el ambiente causa el riesgo potencial, de acuerdo con esto, el probable sismo presenta impactos de tipo crítico y duradero, ya que son impactos que generan gran posibilidad de desastre y de grandes pérdidas tanto al ambiente como a la sociedad, y duradero porque una vez se haya producido el deslizamiento, el impacto y el cambio en el cauce del río será perenne.

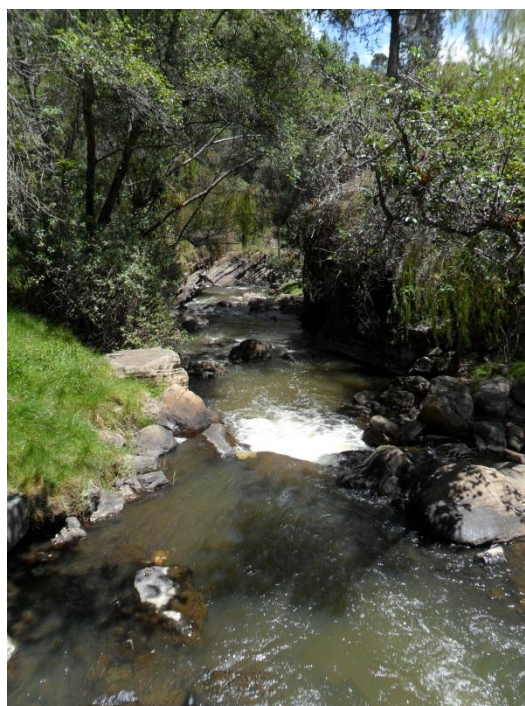
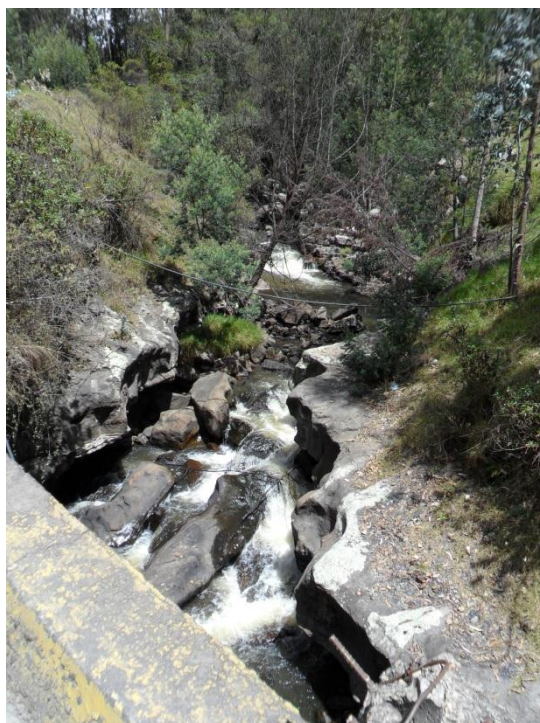
6.2.1.2. Sismo Teniendo en cuenta la situación de la cuenca observada en las visitas, se identificó que la zona de estudio, es el área de transición entre la cuenca alta y la cuenca media del río Ubaté, como se puede observar en las Fotos 23, 24, 25 y 26 es una franja encañonada, de altas pendientes y de áreas transversales muy angostas para el cauce del río.

Foto 23 y 24. Cuenca alta, cauce muy encañonado.



Fuente: autor

Foto 25 y 26. Cauce encañonado de la cuenca aguas arriba de la bocatoma.



Fuente: autor

Esta topografía da a entender que es un área aun en crecimiento geológico, que debido a su inestabilidad puede haber la posibilidad de un sismo.

La posibilidad de sismo: de acuerdo con lo visto y a estudios previos geográficos del terreno, es posible debido a la evolución y crecimiento de la cuenca que deja ver una zona atropellada y muy dispareja propensa a cambios y accidentes geológicos, conllevando un riesgo de deslizamientos más pronunciados a los que existen, mostrados en las fotos anexadas al... numeral 6.2.1.1...

La consecuencia de ocurrencia de sismo es moderada, debido a que con este riesgo hay la posibilidad de deslizamiento, y en el área de estudio, la consecuencia disminuye de rango por la misma razón que es expuesta en... el numeral 6.2.1.1..., los controles hechos sobre la zona de estudio hacen que los siniestros que acarrea esta situación no sean calificados como graves.

Dentro de este numeral, se listan al igual que en el anterior los sitios vulnerables, y se aumenta la cantidad de sitios de importancia a cada uno de los lugares que se encuentra cerca de un deslizamiento menor producido por el peso del terreno en las pendientes tan pronunciadas que sobre el ala occidental tienen lugar, de igual forma dentro del cuadro 7 no se listan los demás sitios vulnerables porque no son de interés esencial para el presente estudio.

Los impactos listados para este riesgo, van dirigidos hacia las consecuencias indirectas, este riesgo presenta consecuencias puntuales y otras dispersas o indirectas, que se generan a partir de las posibles consecuencias directas, de esta forma los impactos que se generan son críticos, duraderos, acumulativos y sinérgico con los impactos listados en el ítem anterior, ya que el deslizamiento es una consecuencia indirecta de un posible sismo, son impactos acumulativos y sinérgicos, y debido a las consecuencias y sus afectaciones, los impactos son críticos y duraderos.

6.2.1.3. Aumento de caudal En temporadas anteriores, la situación generada por el aumento de caudal ha causado gran preocupación a la comunidad rural y urbana del municipio, principalmente, porque debido a este aumento se han inundado variedad de terrenos ubicados en el área plana del cauce.

Esta llanura donde se encuentra la zona urbana del municipio, es un área plana que, debido a la baja capacidad hidráulica del río, la probabilidad de inundación es alta.

Otro punto de importancia en este numeral, es la dependencia del caudal del río a la represa del Hato, la cual regula el caudal del río el Hato y otros varios cuerpos menores de agua, por medio de un sistema de compuertas controladas por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca y que de acuerdo con el nivel del agua dentro de la represa, se abren para desaguarla, en las temporadas de lluvia de los años 2011 y 2012, la represa el Hato llegó a su límite y debido a esto, las compuertas se abrían muy seguido y río abajo corrían grandes cantidades de agua que llegaba a inundar los terrenos planos cerca al área urbana del municipio, generando grandes pérdidas ganaderas y agropecuarias, junto con las pérdidas de construcciones que se encontraban en esos terrenos.

La historia y las condiciones actuales de la cuenca, nos muestran que en las temporadas de lluvia, el aumento de caudal es de gran importancia y relevancia, por lo cual se clasifica dentro de probabilidad posible, ya que en la mayoría de las temporadas de lluvias se va a producir este fenómeno, y de acuerdo con las consecuencias que ya ha generado este siniestro, se clasifica como moderado, porque ha afectado a la economía y bienestar del municipio.

Debido a que este riesgo es inminente, los sitios de interés vulnerables, son en general, el área rural del municipio, y las áreas planas que están expuestas a cambios del río y a su caudal, debido a su cercanía con el río.

Este riesgo presenta situaciones repetitivas dentro del cauce del río, de acuerdo con la temporada, en temporada de lluvias aumenta el caudal, debido a la situación de la Represa el Hato, la cual debido a su sobre capacidad tiene que permitir que el agua fluya por el cauce, aumentando la cantidad de fluido que descende por el río, y en temporada seca la cantidad de fluido se ve retenida en la represa para así mantener su capacidad hidráulica, generando así impactos crónicos sobre el cauce y sobre el área de influencia del río.

6.2.1.4. Aumento de Sólidos suspendidos Debido a la naturaleza del cauce y a su caudal regulado por la represa del Hato, la cantidad de sólidos suspendidos es apreciable, pero no de interés, actividades económicas sobre la cuenca hacen que este parámetro sea de interés para el presente estudio, gravilleras y minería ilegal sobre la cuenca alta, producen un gran aumento de los sólidos en el agua del río, de igual manera en temporadas de lluvias, estos mismos actores, aprovechan el aumento del caudal en el río y arrojan gran cantidad de sus desechos que debido a la temporada de lluvias, se pudiese pensar que es natural debido a el arrastre de sólidos del terreno.

De acuerdo con esto, el aumento de sólidos suspendidos pone en riesgo la calidad del agua que llega a la bocatoma y que por consiguiente se dirige hacia la planta de tratamiento de aguas que posteriormente se conduce hacia el área urbana del municipio, generando disminución de la calidad del agua potable.

Consecuente a esto, las autoridades de servicios públicos del municipio, teniendo conocimiento de la situación, han intentado persuadir a los actores de no afectar el cauce pero no se han visto soluciones efectivas a este riesgo, de esta manera, puede que haya lugar al suceso, pero no se espera que suceda, y su consecuencia es moderada porque afecta en gran medida a la calidad del agua del municipio, en cuanto a propiedades organolépticas como el color y olor, que aunque afecta la estética del agua, no afecta su calidad para la toma de la misma, debido a los procesos de potabilización que se efectúan en la planta de tratamiento.

La impactos que sobre el cauce del río y sobre su ronda se presentan en este riesgo, son crónicos al igual que en el numeral anterior debido a la temporada de lluvias y el aprovechamiento de esta incontrolable variable por parte de empresas gravilleras que en lo alto de la cuenca arrojan sus desechos, principalmente material rocoso triturado sobre el cauce, aumentando la cantidad de sólidos en el agua del río, y son acumulativos porque se presentan en el mismo momento que se presenta el aumento de caudal, generando una situación de difícil control, la capacidad hidráulica del cauce disminuye por la colmatación y sedimentación de estos sólidos, generando también inconvenientes en el sistema de captación de aguas (entre más agua hay en el río, menos se puede captar).

6.2.1.5. Incendio Toda zona provista con las condiciones especiales, es una zona propicia para un incendio, en las temporadas secas, la zona de estudio y en general la cuenca, se queda desprovista de recursos para evitar un incendio, las hojas de los árboles se caen y se secan con gran rapidez, el sol y el mismo terreno hacen que sea probable este siniestro.

Este es un típico riesgo ambiental generado por factores naturales, y en ciertos casos, por actividades antrópicas, que hacen más probable el siniestro. Dentro de la zona vulnerable a este riesgo se encuentra toda el área rural del municipio, debido a la vegetación presente sobre las montañas y en las planicies, lo que puede generar incendios en las zonas altas o bajas debido al mismo follaje.

Este riesgo se analiza como un peligro que puede suceder, pero que no se espera, y en dado caso las autoridades representadas por los bomberos municipales, cumplen su función para disminuir el incidente, de esta misma

manera la consecuencia, analizados los posibles controles y la probabilidad de ocurrencia, es moderada, ya que si llega a suceder, se puede decir que no afecta en gran medida al cauce y a la zona urbana del municipio.

Los impactos que debido a este riesgo se generan, son en su mayoría acumulativos con los demás riesgos, ya que se pueden presentar en el mismo momento que se generan los demás provocando situaciones acumulativas en cuanto a impactos sobre la cuenca del río Ubaté.

6.2.2. Resultados del análisis de los riesgos Identificados y estudiados los riesgos, se pueden verificar las probabilidades y las consecuencias de los mismos, y de acuerdo con el cuadro 5, ubicado en la metodología, se clasifican los riesgos de acuerdo con su necesidad de intervención, y a su importancia, de esta manera se obtiene el resultado de analizar los riesgos y su importancia en el siguiente cuadro.

Cuadro 8: Análisis de riesgos.

Evaluación de riesgos				
Suceso	Probabilidad	Consecuencia	Evaluación	Interpretación
Deslizamiento	A	3	E	riesgo externo, exige acción inmediata
Sismo	C	3	A	alto riesgo, es necesaria la atención por parte de las autoridades
Aumento de caudal	C	4	M	riesgo moderado, se debe especificar la responsabilidad de las autoridades
Aumento de solidos suspendidos	D	3	M	riesgo moderado, se debe especificar la responsabilidad de las autoridades
Incendio	D	3	M	riesgo moderado, se debe especificar la responsabilidad de las autoridades
Fuente: autor				

De este análisis, se puede observar, que los riesgos estudiados y que le dieron el origen al proyecto, se encuentran dentro de riesgos extremos, los cuales,

incluyendo los controles ya hechos, aun es necesario su intervención y control inmediato.

6.2.3. Evaluación de los riesgos De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis se puede listar en orden de importancia los riesgos, partiendo de la determinación de las posibles consecuencias y sus impactos generados en el medio, así priorizarlos e integrarlos en el proceso de la reducción del riesgo como posibilidades de mejoras mitigando y/o eliminando los peligros logrando que no representen problemas con consecuencias extremas tanto para la sociedad como para el mismo ambiente en general delimitado por la cuenca del río Ubaté.

Tabla 1: Evaluación de los riesgos.

Ne	
Extrema	Deslizamiento
Alta	Sismo
Moderada	Aumento de caudal Aumento de sólidos suspendidos Incendio
Fuente: autor	

Teniendo en cuenta la información anteriormente relacionada, se puede observar un alto riesgo en los posibles sucesos que tienen que ver con el movimiento de rocas y su caída sobre el cauce del río.

6.3. Criterios para reducir el riesgo

Dentro de los criterios para reducir el riesgo será necesario identificar los actores que sobre la cuenca ejercen presión, sus actividades económicas y su influencia en la misma, también será importante mencionar la vulnerabilidad que existe en diferentes puntos de la cuenca de acuerdo con los riesgos de extrema importancia, de esta forma, también se hace necesario identificar las necesidades de la población sobre el terreno y las necesidades ambientales para reducir impactos sobre la estructura ecológica del cauce.

6.3.1. Actores que intervienen en la cuenca Los actores que intervienen en la cuenca son, en su gran mayoría, actores del sistema institucional colombiano, organizaciones como la Corporación Autónoma Regional, Ingeominas, y demás organismos públicos que en el momento de un siniestro hacen presencia, de esta forma en este numeral se listaran e identificarán las organizaciones que han intervenido y que de una u otra manera se han hecho partícipes de la búsqueda de soluciones para este problema.

Teniendo en cuenta estos criterios, se reconoce como primer actor interviniente en la cuenca, la población rural del municipio en la zona de Sucunchoque, la cual se ha visto directamente afectada por el riesgo inminente que hay sobre sus viviendas y terrenos, la inestabilidad de toda la ronda hidráulica del río Ubaté, crea incertidumbre y miedo en la población rural, y estos a su vez han solicitado de los organismos públicos municipales su apoyo y ayuda.

Aquí intervienen los organismos públicos municipales, liderados por la Alcaldía del municipio, están, la Secretaria de Gobierno, la Secretaria de Servicios Públicos. la Secretaria de Obras Públicas y la Secretaria de Salud, los cuales realizaron un reconocimiento del terreno e identificaron, junto con criterios técnicos expedidos por entes reguladores como la CAR, INGEOMINAS y el CLOPAD (al igual que la Gobernación de Cundinamarca, el ICCU, Empresas públicas de Cundinamarca, la Unidad Administrativa Especial del Riesgo y Atención Desastres, el cuerpo de Bomberos del municipio y la Policía Nacional) (CLOPAD, INGEOMINAS, 2012), los posibles riesgos y consecuencias sobre la cuenca desde un primer punto de vista del terreno, y determinaron así una alerta amarilla en el sector, solicitando ayuda de los organismos para diseñar medidas con el fin de reducir el riesgo.

Los organismos públicos del municipio, gracias a la ayuda departamental y nacional, estudiaron y puntualizaron más el problema del deslizamiento y establecieron maneras y métodos de control sobre la cuenca y más sobre el área de la bocatoma, de esta forma, diseñaron varios sistemas que reducen el riesgo y que ya se listaron y se comentaron anteriormente, un muro de contención para la prevención de la continuación del hundimiento y derrumbe de la vía que sobre el lado oriental del río comunica a Ubaté con Carmen de Carupa, y un canal que permitiría el paso del agua y reduce el riesgo de presa y posterior avalancha.

Como actores que también forman parte de la cuenca y que interactúan con la misma y con el cauce del río, se cuenta con el municipio de Carmen de Carupa que ubicado río arriba, vierte aguas residuales sanitarias al cauce ya que no cuenta con planta de tratamiento de aguas residuales domesticas disminuyendo la calidad sanitaria del río y su capacidad hidráulica, unidos a este actor municipal, están todas las actividades que con sus desechos, comprometen la calidad del agua dentro del cauce, como las gravilleras y la minería ilegal, la cual aumenta en cierta medida la cantidad de sólidos suspendidos en el agua.

Así se identifican que los actores que comprometen la calidad del agua dentro de la cuenca se ven directamente relacionados con las actividades que sobre esta se llevan a cabo, de esta manera se cuenta con la población rural del municipio en el

área de estudio, la cual se desempeña, en su gran mayoría, en ganadería y agricultura, principalmente sobre terrenos inclinados, aumentando la inestabilidad de los taludes, así como edificaciones (casas), de la población rural, que aumenta el peso del terreno y la inestabilidad del mismo.

Y como actores regulares de la cuenca, dentro del área de estudio se cuenta con los organismos públicos, que interesados por el riesgo, se han hecho partícipes de la búsqueda de soluciones y alternativas para la solución, listados anteriormente.

6.3.2. Vulnerabilidad de la cuenca La vulnerabilidad que existe sobre la cuenca se debe a la geología en crecimiento del terreno, conformado por un cañón muy indefinido con muchas sinuosidades que hace de la cuenca un sitio muy inestable, la erosión por culpa de las diferentes ondulaciones del cauce provoca cada vez más, posibles derrumbes de los terrenos intervenidos por actividades económicas ubicadas inadecuadamente, y sumadas las edificaciones que ubicadas en las orillas del río hacen presión en el terreno, aumentan la vulnerabilidad, estas consideraciones se ven reflejadas en las fotos referenciadas en los ...numerales 6.2.1...

Adicional a esta inestabilidad por la poca área transversal del cauce en la parte alta de la cuenca, es necesario nombrar los diferentes derrumbes que se presentan dentro del terreno montañoso cercano al borde occidental del cauce, este terreno montañoso presenta pequeños montículos de tierra con cobertura vegetal, la cual, en temporada de lluvias, se sobrecarga de agua y debido a la presión producida por el peso, generan derrumbes que afectan actividades económicas de los habitantes en la zona baja de la montaña y dentro del mismo cauce.

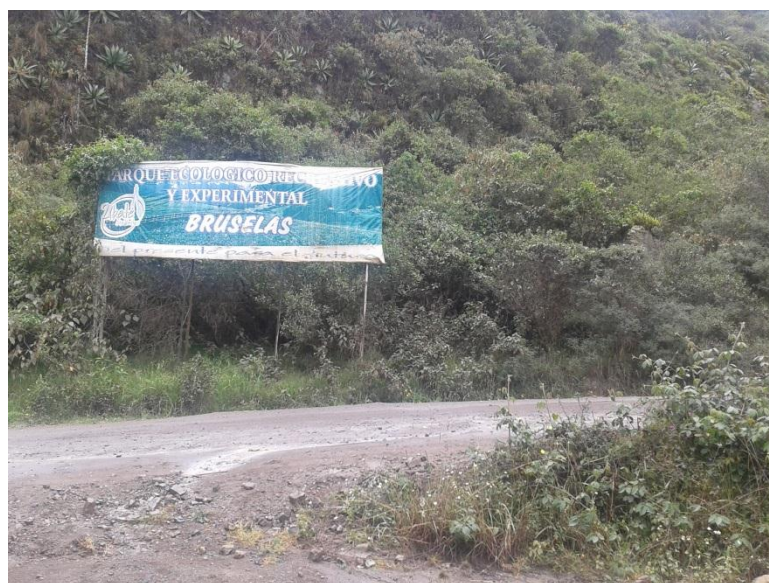
Dentro de estos terrenos vulnerables, se encuentran en su mayoría pequeñas casas de familias, población rural que sustentada por actividades económicas en este terreno, construye su casa y vive allí, es importante nombrar estas edificaciones porque en ellas pueden llegar a vivir 5 o más personas, las cuales están en constante peligro y riesgo, cualquier derrumbe producido cerca de su casa o sobre su misma casa puede desestabilizar la vivienda y provocar pérdidas humanas.

6.3.3. Necesidades de la cuenca Como criterio para el riesgo, se observan las necesidades de los pobladores sobre el terreno de la cuenca y las mismas necesidades ambientales del terreno, de esta forma se puede dar como implícito la necesidad económica de la población rural que vive en la cuenca y que necesita de una actividad económica para sustentar su estilo de vida, es así como las

actividades económicas se producen en terrenos de alta pendiente e incluso en terrenos de gran riesgo, de esta forma se definen las necesidades que el medio ambiente tiene sobre la cuenca, este terreno es de alto riesgo, que no debe ser explotable y que en este momento, contradictorio a las necesidades, está siendo explotado.

La cuenca, en su gran mayoría, es naturalmente un lugar de conservación ecológica y ambiental, es el caso de un lugar que no debe ser explotado. Contradictoriamente, en frente del derrumbe del cerro la Cruz, el 'Parque Ecológico, Recreativo y Experimental de Bruselas', en el cual, la conservación ecológica se ha visto afectada por el desvío de la vía Ubaté-Carmen de Carupa, a causa del derrumbe que ocasionó el hundimiento y derrumbe de la vía, en las fotografías 27 y 28, se puede observar el desvío de la carretera.

Foto17. Parque ecológico, recreativo y experimental de Bruselas, afectado



Fuente: autor

Foto 28. Desvió de carretera por el área del parque ecológico



Fuente: autor

Como conclusión se identifica que la cuenca tiene necesidades de mayor importancia en cuanto a conservación y preservación, que se ve afectada por las situaciones económicas de los pobladores y por los mismos siniestros producidos dentro de la cuenca,

6.3.4. El riesgo Como criterio para reducir el riesgo se presenta el mismo con el fin de mitigarlo, se hace necesario buscar oportunidades de mejora para reducir la vulnerabilidad y riesgo, teniendo en cuenta el resultado de la evaluación hecha anteriormente, se logra identificar posibilidades y alternativas de mejorar la situación existente.

De esta forma se puede identificar posibilidades que dentro del mismo riesgo presenta oportunidades de mejora de la situación.

6.3.5. Estado de las estructuras de captación y aducción de agua cruda Dentro del proceso de reducción del riesgo se debe tener en cuenta el estado actual de las estructuras del acueducto del municipio, así como la bocatoma, la aducción y las tanques desarenadores que se encuentran muy cerca de la bocatoma, descritos anteriormente se observa baja eficiencia que se debe a que estas estructuras son de gran vulnerabilidad debido a los riesgos presentados cerca del sitio de interés del proyecto (la bocatoma del acueducto urbano), y al igual que el riesgo, el estado de esta estructura es una oportunidad de mejora y de reducción del riesgo.

Como se presentó anteriormente en el...numeral 6.1.2 y 6.1.3... un mal estado tanto de la bocatoma como de la aducción y de los tanques desarenadores, la bocatoma presenta problemas que incluyen grietas por la desestabilización del terreno que soporta la bocatoma, los tanques desarenadores han sido afectados de igual manera, presentan grietas y debido a el inadecuado mantenimiento, se están presentado pérdidas de agua y energía, reduciendo la efectividad de las estructuras, de la misma manera la línea de aducción presenta fugas y problemas que involucran robos de aguas, reduciendo la cantidad de agua que recibe la planta de potabilización, estas fugas se deben a que el terreno por el que transcurre la tubería, es muy quebrado y debido a este se presentan fallas dentro del sistema de aducción.

6.3.6. Necesidades de la población urbana y ruralDentro de los criterios para reducir el riesgo, es de vital importancia tener en cuenta las necesidades de la población tanto urbana como rural, de esta manera se logra ampliar la información que esta listada en el...numeral 6.3.3, y 6.3.1...

La población rural, como ya se mencionó, tiene necesidades tanto de agua para sus actividades económicas como de espacio y terreno para su desarrollo económico dentro de la zona en la que se encuentran, debido a esto se deben garantizar la calidad del agua del cauce, y el terreno necesario para sus actividades, de la misma manera se debe mantener el terreno libre de riesgos para garantizar la continuidad y la seguridad de la zona rural del municipio.

La población urbana presenta necesidades como la demanda de servicios públicos para el desarrollo de la sociedad, de esta manera se deben garantizar los servicios públicos, de interés para nuestro proyecto, el servicio de agua potable, que es dependiente de las estructuras y del riesgo presente en la zona de la bocatoma, este servicio público se debe garantizar en el marco de la Ley 142 de 1994, en su artículo 4 donde se dice que el servicio de acueducto es un servicio público esencial y necesario para el desarrollo humano.

La demanda de agua es de aproximadamente de 125 L/hab. día, debido a la cantidad de personas que utilizan el sistema de acueducto, y a las condiciones climáticas del municipio.

6.4. Alternativas para reducir el riesgo

Como primer paso para la reducción y tratamiento del riesgo, se presentaron los criterios que se deben tener en cuenta en el momento de plantear alternativas

para disminuir el riesgo, como segundo paso se estudian y se establecen las alternativas que contribuyen a la reducción o eliminación del riesgo presente.

Junto con los asesores y el director del proyecto, se estudiaron varias alternativas para el tratamiento del riesgo, teniendo en cuenta los criterios listados anteriormente, evidenciando, definitivamente, que la bocatoma no puede seguir funcionando en el mismo lugar en el que ahora se encuentra, se desechan las posibilidades de la optimización de la bocatoma actual, ya que el riesgo es demasiado alto y no tiene sentido continuar con el sistema de captación actual, a continuación se listan las demás posibilidades que se estudiaron y la forma como se eligió una de ellas.

6.4.1. Traslado de bocatoma aguas arriba Este traslado se propone a partir de la decisión de que la zona actual de la bocatoma, está catalogada como de alto riesgo por los deslizamientos, siendo uno de los puntos más vulnerables por los riesgos estudiados anteriormente, de esta forma se propone la construcción de una nueva bocatoma dentro de la cuenca, ubicada aguas arriba de la posición actual, siguiendo esta línea, se estudia aguas arriba dentro de la cuenca, un lugar donde pudiese ser ubicada la bocatoma, y se identifican varios puntos posibles para construirla, aunque se encuentran cerca de la bocatoma, ya que aguas arriba de la bocatoma el área transversa del cauce es cada vez más encañonada y dificulta su construcción.

De esta forma se identifica que la bocatoma posible, debe ser construida como bocatoma lateral, debido a que una bocatoma de fondo presentaría problemas con la cantidad de sólidos que descienden por el cauce, esto debido al arrastre de sólidos por la velocidad del agua y también a limpieza de la represa el Hato, de igual forma este posible sistema de captación debe contar con presas a los dos costados del cauce garantizando su estabilidad.

Y teniendo en cuenta las necesidades de la población identificadas en...el numeral 6.3.1. y 6.3.6... la bocatoma debe tener una capacidad adecuada para la cantidad de población, teniendo en cuenta que es de complejidad media alta y que es el clima frío.

Esta alternativa presenta inconvenientes cuando se habla de las necesidades de la cuenca y la vulnerabilidad de la misma, debido a que la posible bocatoma estudiada se presenta aguas arriba de la estructura actual, identificando que la vulnerabilidad no disminuye (el riesgo puede disminuir pero la vulnerabilidad no), debido a los constantes deslizamientos producidos por toda la cuenca del río

Ubaté, y también se debe listar que la misma cuenca presenta necesidades ambientales de conservación y protección para poder mantener su estado.

Con ayuda del libro 'Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados' (López Cualla, Ricardo Alfredo, 2009) se tiene un diseño básico sobre la posible bocatoma que se pudiese construir aguas arriba del cauce, teniendo en cuenta que debe ser una bocatoma lateral de grandes proporciones y con gran capacidad para captar grandes cantidades de agua y con presas a cada lado de la estructura, este diseño básico, es el mismo que el diseño de la posible bocatoma del próximo numeral, en la figura 5.

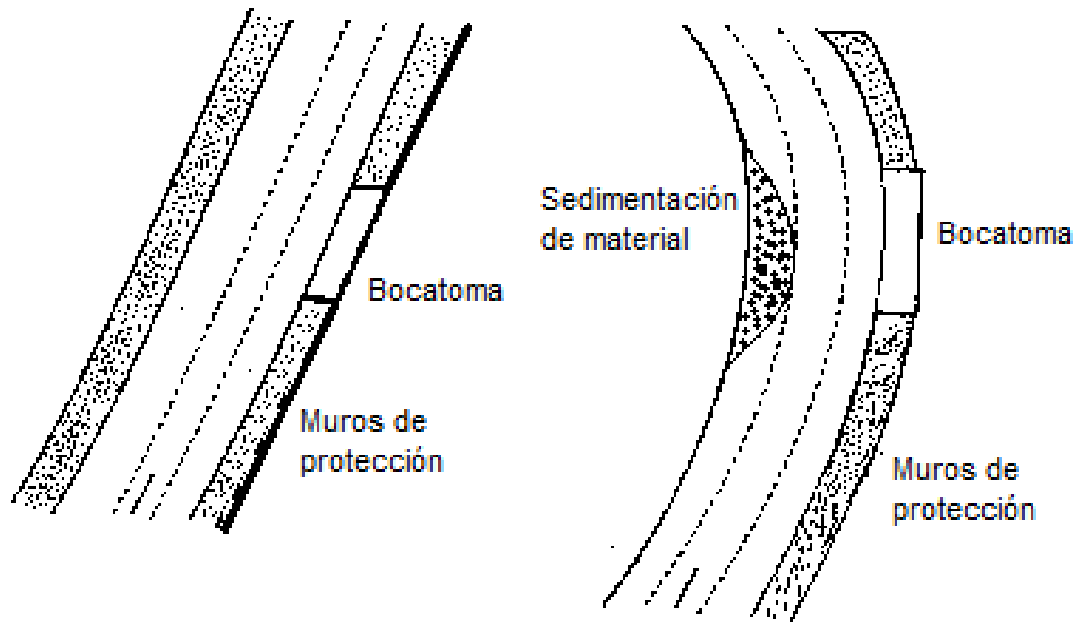
6.4.2. Traslado de bocatoma aguas abajo Al igual que lo explicado en el... numeral 6.4.1... el traslado de la bocatoma se presenta por razones de vulnerabilidad de la misma estructura, que indican que es necesario el traslado del sistema de captación, de acuerdo con esto, se plantea la opción de traslado aguas abajo, de igual manera se debe tener en cuenta que se hace necesario que sea una bocatoma de rejilla lateral, de esta forma se establecen posibles puntos para la ubicación de este sistema, se evidencia que el área transversal del cauce aumenta, a medida que desciende, porque llega a zonas cada vez más planas, disminuyendo la velocidad y aumentando la sedimentación de partículas, de igual forma dificulta la construcción por el área transversal del río y por la inestabilidad del suelo.

Teniendo como referentes necesarios los actores presentes y sus demandas en cuanto a servicios públicos, esta posible bocatoma debe contar con la capacidad para recolectar la suficiente cantidad de agua teniendo en cuenta la población actual del municipio, aunque también se debe tener en cuenta que se presentan inconvenientes debido a la cantidad de deslizamientos que se presentan a la orilla del río.

De la misma manera que en el... numeral 6.4.1... la vulnerabilidad de la zona no disminuye, y se evidencia una gran necesidad del cauce y su ronda por la protección y conservación para que la vulnerabilidad, con el tiempo, no aumente y no se generen más riesgos dentro del cauce.

A continuación, en la figura 5, se presenta un diseño básico de ingeniería de la posible bocatoma construida aguas abajo de la estructura actual, teniendo en cuenta las consideraciones anteriores.

Figura 5. Diseño básico de bocatoma lateral en recta y curva.



Fuente editada: López Ricardo, 'Elementos de diseño para Acueductos y alcantarillados', 2ª edición. (López Cualla, Ricardo Alfredo, 2009)

6.4.3. Toma de agua en la quebrada El Mortino (Río Carupa) Dentro de la cuenca alta, afluente al Río Carupa, hay una quebrada llamada 'El Mortino' esta quebrada posee características básicas para poder considerarse como fuente de abastecimiento para el sistema de acueducto del municipio. Se ha estudiado la opción de construir una bocatoma sobre esta quebrada y que esta sea la fuente de abastecimiento del municipio.

Teniendo en cuenta las consideraciones de la cuenca del río Ubaté, y su constante vulnerabilidad debido a los deslizamientos actuales, la propuesta sobre la construcción de la bocatoma en otro cuerpo de agua es una de las posibilidades más factibles, debido a que elimina la vulnerabilidad de la bocatoma, y responde ante las necesidades de conservación de la cuenca del río Ubaté.

Y en cuanto a las necesidades de la población que va a recibir el servicio de acueducto, se evidencia un bajo caudal de la quebrada en temporada seca, de esta forma se presentan inconvenientes para la construcción de este posible sistema. La bocatoma se debe construir de igual forma como bocatoma lateral para reducir la probabilidad de taponamiento de la rejilla de captación.

La posibilidad presente en esta quebrada se evalúa a profundidad, pero gracias a información suministrada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, sobre las estaciones hidrológicas, se observa que en temporada seca el caudal es extremadamente bajo y que no es apta para la captación del agua necesaria para el consumo de la población, información sobre la estación número 2401755, de nombre 'La Manilla', ubicada sobre este cuerpo de agua, demuestra que para la captación de agua requerida por el acueducto, en las temporadas de sequía, se tomaría más del 85% del agua que fluye por la quebrada, dejándolasin ningún caudal ecológico requerido por la misma, concluyendo que no posee la capacidad suficiente para, al mismo tiempo, mantener la cuenca de la quebrada y otorgar el agua necesaria para el acueducto municipal (análisis adjuntado en el **anexo 2**).

El diseño básico de ingeniería que se presentara para el estudio dentro de la quebrada 'El Mortiño' con las especificaciones anteriormente mencionadas, es de la misma manera el mismo diseño presentado en la figura 5.

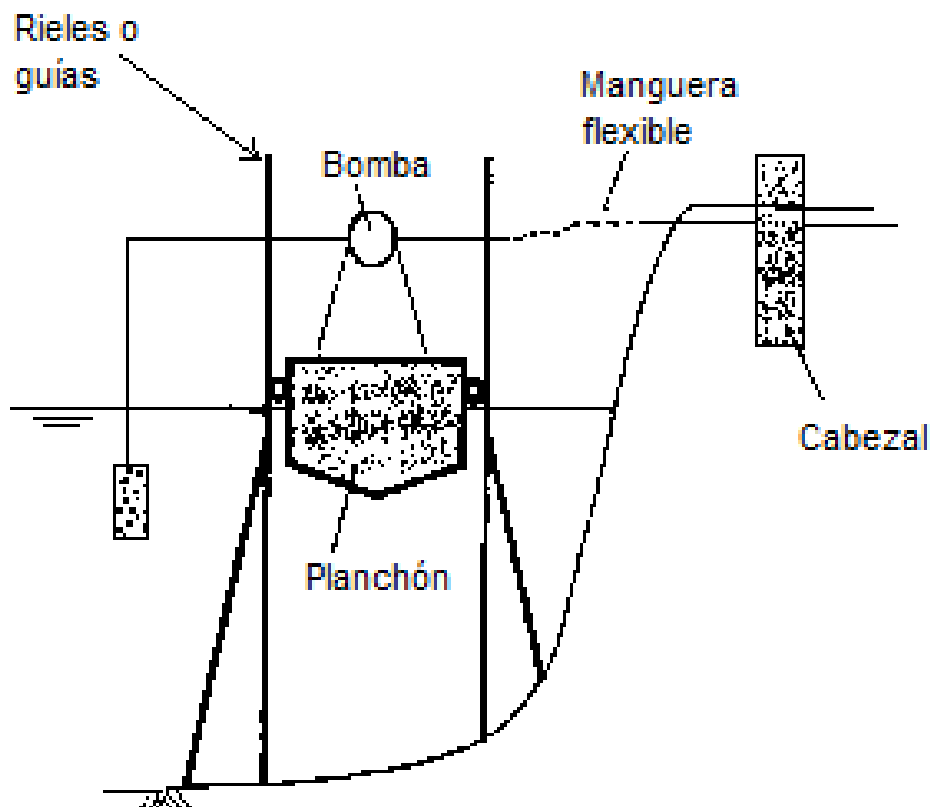
6.4.4. Bocatoma o estación de bombeo flotante dentro de la Represa el Hato Con el fin de disminuir el riesgo y la vulnerabilidad de cualquier posible construcción, también se estudió la posibilidad de trasladar la bocatoma hasta la represa el Hato, buscando con esta propuesta, reducir la vulnerabilidad, eliminar el riesgo, y buscar soluciones a los demás inconvenientes como la calidad del agua y dar cumplimiento a las necesidades de la población y de la cuenca.

Con esta opción se presentan beneficios como la disminución de la vulnerabilidad y eliminación del riesgo, le da a la cuenca la opción de conservarse con más facilidad, permitiendo la preservación de la misma y el mantenimiento de la estructura ecológica que se encuentra en la cuenca, además, tiene la capacidad para suplir necesidades de la población, y le da cumplimiento a las necesidades y preocupaciones de los actores presentes dentro de la cuenca y que tiene que ver con el problema en específico.

Debido a que es una represa, la cantidad de sólidos suspendidos es muy baja porque la misma represa sirve como desarenador, reduciendo en gran medida este parámetro y debido a la gran superficie en contacto con el aire, la cantidad de oxígeno disuelto es la adecuada.

De esta manera, a continuación, en la figura 6, se presenta un diseño básico que cumple las necesidades de una bocatoma con la capacidad necesaria y flotante para que se pueda implementar en la represa.

Figura 6. Estación de bombeo flotante.



Fuente editada: López Ricardo, 'Elementos de diseño para Acueductos y alcantarillados', 2ª edición. (López Cualla, Ricardo Alfredo, 2009)

6.4.5. Elección de la mejor alternativa De acuerdo con las especificaciones de cada una de las alternativas de elección y siguiendo con los criterios para la reducción del riesgo por medio de las opciones, se evaluó cada una con lo presentado anteriormente, y de acuerdo con esta evaluación se elige la alternativa que cumpla con su función, supla las necesidades de la población y reduzca y/o elimine el riesgo presente.

Esta elección de la mejor alternativa se hizo con una matriz para realizar la evaluación de cada opción de acuerdo con los criterios propuestos. Esta calificación se realizó en el cuadro 9, cuantificando las necesidades, 0 significa que la opción no ayuda, no cumple o no tiene la capacidad que se necesita, y 1 significa que si ayuda, cumple y/o tiene la capacidad necesaria.

Cuadro 9: Evaluación de alternativas para la reducción del riesgo.

	Bocatoma aguas arriba	Bocatoma aguas abajo	Quebrada el Mortiño	Bocatoma flotante en la represa El Hato
Autores dentro de la cuenca	1	1	1	1
Vulnerabilidad de la cuenca	0	0	1	1
Necesidades de la cuenca	0	0	1	1
El riesgo	0	0	1	1
Estado de las estructuras	1	1	1	1
Necesidades de la población	1	1	0	1
Resultados	3	3	5	6

De acuerdo con esto se identificó que la construcción de la bocatoma aguas arriba o aguas abajo de la estructura actual, no cumple con los criterios de reducción de la vulnerabilidad, así como también se denota que representa problemas para la cuenca y para sus necesidades de protección y conservación.

En la quebrada 'El Mortiño' se cumple con el criterio de vulnerabilidad a la cuenca, riesgo para la población y conservación de la misma cuenca, pero se identifica que de acuerdo con las estaciones hidrológicas de la corporación y por las visitas técnicas hechas, que está quebrada no tiene la capacidad suficiente de caudal para suplir las necesidades de la población.

Y por último, se observa que una bocatoma flotante dentro de la represa 'El Hato' es muy buena opción, ya que suple todas las necesidades de la cuenca y de la población, aumentando la capacidad y necesidad de la cuenca de conservación, así como reduciendo en su totalidad el riesgo y la vulnerabilidad de la estructura.

Como conclusión y elección de la mejor alternativa, se determinó que es la bocatoma flotante la alternativa que de mejor manera cumple con los criterios y presenta una verdadera solución al problema del presente proyecto, eliminando en su totalidad el riesgo junto con los demás controles realizados dentro de la cuenca, de igual manera esta alternativa presenta mejoras para el acueducto debido a la calidad del agua que se puede captar con este sistema.

6.5. Tratamiento del riesgo

Teniendo en cuenta los resultados arrojados por los numerales anteriores, en los cuales se evalúan las propuestas expuestas para la reducción del riesgo de acuerdo con criterios para la misma reducción, se determinó que la opción más adecuada es una bocatoma flotante dentro de la represa 'El Hato' la cual cumple la labor de regular las aguas del río Ubaté.

Y teniendo en cuenta que el riesgo se ha disminuido gracias a los controles hechos por las autoridades pertinentes como el canal y el muro de contención, disminuyendo la vulnerabilidad de algunas zonas que estaban en riesgo, se presenta esta alternativa para eliminar por completo el riesgo presente en la bocatoma que amenaza con el desabastecimiento de agua potable para la población del área urbana del municipio.

De acuerdo con lo anteriormente relacionado, a continuación se mostrara el diseño básico y las necesidades de la bocatoma flotante con el fin de eliminar, de esta manera, el riesgo y la vulnerabilidad de la población frente a este problema.

Teniendo en cuenta la metodología seguida por el RAS 2000, se procederá de acuerdo con este para determinar las características necesarias de la bocatoma.

Como primer paso se determinara la población a la cual hay que garantizar el servicio de agua potable, como paso a seguir se determinara su demanda y con esta demanda se diseñó la bocatoma para que esta pueda suplir las necesidades de la población.

De igual forma se presentaran varias formas de optimizar las estructuras actuales con el fin de adaptarlas a las necesidades de la población y mejorar el servicio de agua potable de municipio.

6.5.1. Determinación del nivel de complejidad la determinación del nivel de complejidad corresponde al cálculo de la cantidad de personas que demandan el agua potable y de acuerdo con este, se establece la cantidad de agua que necesitan.

Esto se hace con los censos de años pasados, lo cuales se obtuvieron del DANE y se realizaron las proyecciones de población por diferentes métodos, siempre a 25 años de acuerdo con el RAS 2000 y con el caudal máximo horario.

Teniendo en cuenta esto, a continuación en el cuadro 10 se listan los datos correspondientes a los censos realizados por el DANE.

Cuadro 10. Censos realizados por el DANE.

Año	Población en la Cabecera Municipal
1951	3837
1964	4997
1973	5318
1985	12661
1993	13080
2005	22042
Fuente: DANE	

Y también se cuenta con las proyecciones hechas por el DANE de población municipal en la cabecera, listadas en el cuadro 11.

Cuadro 11. Proyecciones realizadas por el DANE.

Año	Proyección de poblaciones
2005	22042
2006	22438
2007	22814
2008	23172
2009	23510
2010	23830
2011	24130
2012	24412
2013	24574
2014	24917
2015	25141
2016	25343
2017	25532
2018	25699
2019	25847
2020	25976
Fuente: DANE	

Dentro de esta estimación de población, se debe considerar la población flotante que se encuentra dentro del municipio por actividades turísticas, industriales y de comercio sobre el municipio, así que el valor de la proyección se debe ajustar a esta variable y considerar que en la cabecera hay una baja actividad turística, industrial y comercial, se ajusta en un 10%, cabe también mencionar que dentro

del municipio no se encuentran etnias minoritarias, ni afro descendientes ni desplazados.

Para la proyección de la población del municipio, se utilizó el procedimiento relacionado en el numeral B.2.2 del RAS 2000, el cual establece los métodos de proyección de acuerdo con el nivel de complejidad, cuadro 12.

Cuadro 12. Métodos de cálculo según el nivel de complejidad.

Método por emplear	Nivel de complejidad del sistema			
	Bajo	Medio	Medio alto	Alto
Aritmético, Geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético + Geométrico + exponencial + otros			X	X
Por Componentes (Demográfico)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X
Fuente RAS 2000, Tabla B.2.1 Sección B.2.2.4				

De acuerdo con el cuadro 12, se determina hacer estudios previos para establecer las tasas de crecimiento de los métodos aritmético, geométrico y exponencial y determinar de estos tres el más significativo y realizar la proyección con este método, de esta manera encontrar la población futura determinando el nivel de complejidad.

6.5.1.1. Método Aritmético De acuerdo con los lineamientos que presenta el RAS en su sección B.2.2., este método supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la ecuación 1.

Ecuación 1. Proyección de población método aritmético.

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} * (T_f - T_{uc})$$

Fuente: RAS 2000

Donde P_1 es la población (hab) correspondiente al año que se quiere proyectar la población, P_{uc} es la población (hab) correspondiente al último año censado con información, P_{ci} es la población (hab) correspondiente al censo inicial con información, T_{uc} es el año correspondiente al último año censado con información, T_{ci} es el año correspondiente al censo inicial con información y T_1 es el año al cual se quiere proyectar la información.

6.5.1.2. Método Geométrico De acuerdo con los lineamientos que presenta el RAS en su sección B.2.2., este método es útil en poblaciones que muestran una

importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades, la ecuación para este método es la ecuación 2.

Ecuación 2. Proyección de población método geométrico

$$P_f = P_{uc}(a + r)^{T_f - T_{uc}}$$

Fuente: RAS 2000

Donde res la tasa de crecimiento anual en forma decimal y las demás variables se definen igual que para el método anterior. La tasa de crecimiento anual se calcula con la ecuación 3.

Ecuación 3. Tasa de crecimiento anual método geométrico

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}} - 1$$

Fuente: RAS 2000

6.5.1.3. Método Exponencial De acuerdo con los lineamientos que presenta el RAS en su sección B.2.2., este método la utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y poseen abundantes áreas de expansión. La ecuación empleada por este método es la ecuación 4.

Ecuación 4. Proyección de población método exponencial

$$P_f = P_{ci} * e^{k*(T_f - T_{ci})}$$

Fuente: RAS 2000

Donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, por medio de la ecuación 5.

Ecuación 5. Tasa de crecimiento método exponencial.

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Fuente: RAS 2000

Donde P_{cp} es la población (hab) del censo posterior, P_{ca} es la población (hab) del censo anterior, T_{cp} es el año correspondiente al censo posterior, T_{ca} es el año correspondiente al censo anterior y \ln el logaritmo natural o neperiano.

Con los datos poblacionales establecidos por el DANE de acuerdo de los censos listados en el cuadro 10, se calculan las tasas de crecimiento demográfico intercensal para el método geométrico y exponencial al igual que la pendiente de la línea para el método aritmético, en el cuadro 13 se relacionan los valores para los diferentes periodos.

Cuadro 13. Tasas de crecimiento de cada método de proyección.

Tasa de crecimiento Casco urbano				
Periodo		Aritmético	Geométrico	Exponencial
Inicial	Final	Pendiente	R	K
1951	1964	89,23	2,05	2,03
1964	1973	35,67	0,69	0,69
1973	1985	611,92	7,50	7,23
1985	1993	52,38	0,41	0,41
1993	2005	746,83	4,44	4,35
Promedio		307,20	3,02	2,94
Fuente: autor				

De acuerdo con los datos del Cuadro 13, el crecimiento dentro del casco urbano del municipio, presenta tasas positivas a lo largo de todos los periodos intercensales, lo que también permiten observar un crecimiento irregular.

Se observa que las tasas de crecimiento son demasiado irregulares y atípicas, por tal motivo se toma como significativo el promedio de las tasas de crecimiento para todos los periodos intercensales a causa de la dinámica demográfica del municipio.

Debido a que las tasas de crecimiento poblacional son tan atípicos, se ajusta únicamente a la proyección geométrica, ya que es la más significativa, con una tasa de crecimiento poblacional de 3.02% obtenida del promedio de todos los periodos intercensales listados en el cuadro 13, y posteriormente se ajusta progresivamente hasta llegar a una tasa de crecimiento de 1,50% en los próximos años, tasa correspondiente al promedio departamental.(DANE)

Adicional a estas tasas de crecimiento poblacional, para hallar la cantidad de habitantes actuales en el municipio, se recolecto información sobre la cantidad de suscriptores del acueducto el cual es de 7356 (residencial) y se multiplico por el número de habitantes promedio por vivienda, que según el DANE es de 3,7

Hab/vivienda, y para el municipio de Ubaté, se cuenta con el 100% de cobertura, la proyección de población se hace partiendo del número actual de habitantes calculados con la ecuación 6.

Ecuación 6. Número actual de habitantes

$$P_{año\ 0} = \frac{7656\ Usuarios * 3,7 \frac{Hab}{Usuario}}{100\%} = 26027\ hab$$

Fuente: autor

Los resultados de las proyecciones de acuerdo con el análisis anterior se hace en el cuadro 14, donde la columna P+Pf, corresponde a la población ajustada con la población flotante (10%)

Cuadro 14. Resultados de la estimación de población en el casco urbano.

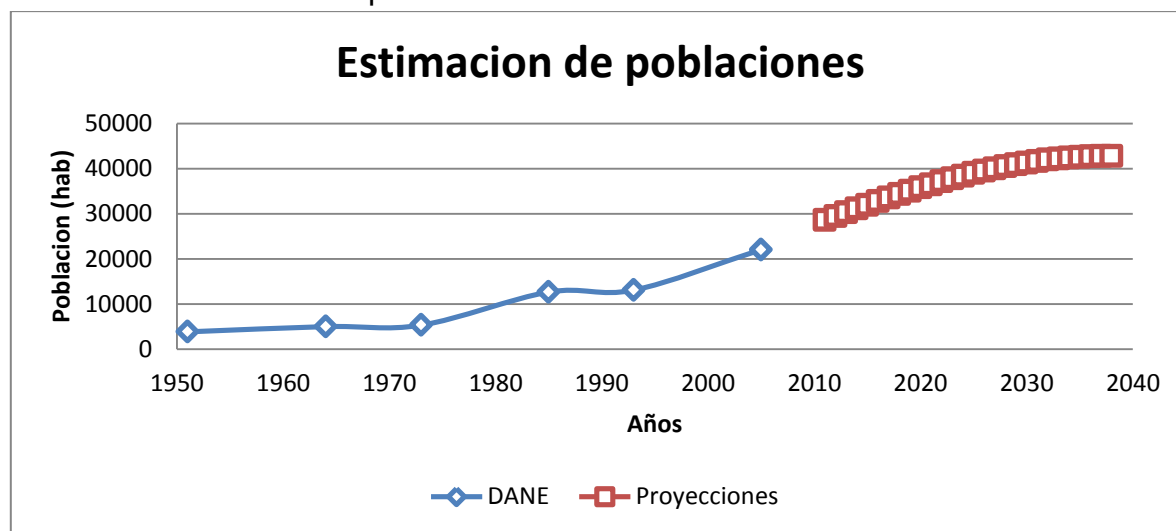
Proyecciones del casco urbano			
año	Proyección Geométrica		
	Tasa	Población (hab)	P*Pf
2013	2,91%	27562	30319
2014	2,85%	28317	31149
2015	2,79%	29061	31967
2016	2,74%	29791	32771
2017	2,68%	30507	33557
2018	2,63%	31205	34325
2019	2,57%	31884	35073
2020	2,51%	32542	35796
2021	2,46%	33177	36495
2022	2,40%	33788	37166
2023	2,34%	34371	37808
2024	2,29%	34926	38419
2025	2,23%	35451	38996
2026	2,18%	35944	39539
2027	2,12%	36404	40044
2028	2,06%	36828	40511
2029	2,01%	37217	40938
2030	1,95%	37567	41324

Cuadro 14. (Continuación)

Proyecciones del casco urbano			
año	Proyección Geométrica		
	Tasa	Población (hab)	P*Pf
2031	1,89%	37879	41667
2032	1,84%	38151	41967
2033	1,78%	38383	42221
2034	1,73%	38573	42430
2035	1,67%	38720	42592
2036	1,61%	38825	42708
2037	1,56%	38887	42775
2038	1,50%	38905	42796

En el grafico 3 se muestran los resultados de la estimación de la población por el método geométrico, y el comportamiento poblacional de acuerdo con los censos realizados por el DANE.

Grafica 3. Estimación de población.



Fuente: Autor

Como punto final del análisis establecido en título A del RAS 2000, en su numeral A.3, se analizó información obtenida del informe realizado por La Unión Temporal Suroccidente sobre la estratificación de los predios del municipio, en el cuadro 15, se evidencia la estratificación de los predios del casco urbano, para realizar el análisis de la capacidad económica de los usuarios.

Cuadro 15. Estratificación de usuarios.

Estratificación Socioeconómica	
Estrato	Unión Temporal Suroccidente
1	500
2	3103
3	2297
4	216
COMERCIAL	780
COMERCIAL GRAN PRODUCTOR	17
INDUSTRIAL	7
INDUSTRIAL GRAN PRODUCTOR	2
OFICIAL/INSITU	50
Total	6972
Fuente: Unión Temporal Suroccidente	

De acuerdo con la anterior tabla, obtenida por la estratificación de los usuarios registrados en el acueducto, se observa que la mayor cantidad de beneficiarios se concentran en los estratos 2 y 3 con lo cual se puede concluir que la capacidad económica de los consumidores es MEDIA.

Teniendo en cuenta el análisis anteriormente realizado, tanto de proyección de población como de estratificación de los usuarios, y siguiendo la tabla A.3.1 de la sección A del RAS 2000 (cuadro 16), se determina el nivel de complejidad del proyecto.

Cuadro 16. Nivel de complejidad según el RAS 2000.

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio alto	12501 a 60000	Media
Alto	>60000	Alta
Fuente: RAS 2000.		

De acuerdo con el cuadro 16, al análisis de estratificación de los usuarios y con la cantidad de población proyectada, se determina que el nivel de complejidad del municipio y del proyecto es MEDIO-ALTO.

Y de acuerdo con la tabla 10 de la Resolución 2320 de 2009 del Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial (cuadro 17), se determina el periodo de diseño que corresponde a el nivel de complejidad del proyecto.

Cuadro 17. Periodo de diseño.

Nivel de complejidad del sistema	Periodo de diseño máximo
Bajo, Medio y medio-alto	25 años
Alto	30 Años
Fuente: Resolución 2320 de 2009	

El periodo de diseño al cual se ciñe este proyecto y el sistema, es de 25 años.

6.5.2. Determinación de caudal necesario

Una vez ya determinado el nivel de complejidad y el periodo de diseño para el sistema, se puede determinar la dotación neta máxima, la dotación bruta, el caudal medio diario (Qmd), el caudal máximo diario (QMD) y el caudal máximo horario (QMH), siguiendo lo expuesto en el RAS 2000 y en sus modificaciones hechas por la resolución 2320 de 2009.

Para comenzar a obtener la dotación de agua que demanda el municipio, se remitió a la tabla 9 de la resolución 2320 de 2009 (Cuadro 18).

Cuadro 18. Dotación neta máxima.

Nivel de complejidad	Dotación neta máxima para poblaciones con clima frio o templado (L/hab.día)	Dotación neta máxima para poblaciones con clima cálido (L/hab.día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio Alto	125	135
Alto	140	150
Fuente: Resolución 2320 de 2009		

De acuerdo con el cuadro 19, suministrado por la oficina de servicios públicos del municipio, la dotación neta extraída de la cantidad de caudal facturado y la cantidad de población, es de aproximadamente 106 L/hab.día, y como está por debajo de la dotación máxima según el RAS, y a la Resolución 2320, se toma, teniendo en cuenta que el municipio se encuentra a una elevación media de 2600 msnm con un clima frio, una dotación neta máxima de 125 L/hab.día, sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema.

Cuadro 19. Caudal facturado (Diciembre 1 de 2010 a Enero 30 de 2011).

Estrato	Consumo (m ³)	Caudal diario (l/s)	Caudal diario (l/día)
Bajo-Bajo	12606	2,47	213661
Bajo	80706	15,83	1367898
Medio-Bajo	58031	11,38	983576
Medio	4932	0,97	83593
Comercial	26006	5,10	440780
Comercial Gran	1554	0,30	26339
Industrial	3118	0,61	52847
Industrial gran	1132	0,22	19186
Oficial	3663	0,72	62085
Oficial gran	4456	0,87	75525
Total residencial	156275	30,66	2648729
Total otros	39929	7,83	676763
Dotación l/hab*día			106
Caudal total	196204,00	38,49	3325492
Fuente: Oficina de servicios públicos del municipio.			

De acuerdo con la Resolución 2320, se deben considerar las pérdidas que ocurren dentro del sistema de acueducto, las perdidas actuales del sistema, se calculan por medio de la ecuación 7, y las perdidas futuras no deben superar el valor de 25%, en la ecuación 8 se muestra la fórmula para el cálculo de la dotación bruta.

Ecuación 7. Porcentaje de pérdidas.

$$\%P = \frac{\text{Volumen producido} * \text{volumen utilizado}}{\text{volumen producido}}$$

Fuente: Resolución 2320 de 2009.

Ecuación 8. Dotación bruta.

$$D_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%P}$$

Fuente: Resolución 2320 de 2009.

Donde D_{bruta} es la dotación bruta, la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de cada habitante considerando las perdidas dentro del sistema, la d_{neta} , es la dotación neta que para este caso es de 125 L/hab.día, y %p es las pérdidas técnicas máximas admisibles, que independiente de la complejidad del sistema, no debe superar el 25%.

Donde se obtiene que las pérdidas actuales son (Ecuación 9):

Ecuación 9. Porcentaje de pérdidas

$$\%P = \frac{67 \frac{l}{s} * 38,49 \frac{l}{s}}{67 \frac{l}{s}} = 0,425 = 42,5\%$$

Fuente: autor.

Por consiguiente la dotación bruta futura es (Ecuación 10):

Ecuación 10. Dotación bruta futura

$$D_{bruta} = \frac{125 \frac{l}{s}}{(1 - 0,25)} = 167 \frac{l}{s}$$

Fuente: autor.

Las proyecciones de demanda de agua están sujetas a cambios durante el día debido a las características sociales, culturales y económicas de los habitantes, estas variaciones dinámicas que fluctúan a lo largo del día están especificadas en el RAS 2000.

- Caudal medio diario (Q_{md}): es el caudal medio calculado para la población proyectada, corresponde al promedio de consumos diarios en un periodo de un año y se calcula por medio de la ecuación 11.

Ecuación 11. Caudal medio diario

$$Q_{md} = \frac{P * d_{neta}}{86400}$$

Fuente: RAS 2000

- Caudal máximo diario (Q_{MD}): es el caudal máximo registrado durante 24 horas durante un periodo de 1 año, se calcula por medio de la ecuación 12, donde k_1 es el coeficiente de consumo máximo diario, y equivale a 1,20.

Ecuación 12. Caudal máximo diario

$$Q_{MD} = Q_{md} * k_1$$

Fuente: RAS 2000

- Caudal máximo horario (Q_{MH}): es el caudal máximo registrado durante un periodo de 1 hora de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio, se calcula por medio de la ecuación 13, donde k_2 , es el coeficiente de consumo máximo horario y equivale a 1,50.

Ecuación 13. Caudal máximo horario

$$Q_{MH} = Q_{MD} * k_2$$

Fuente: RAS 2000

6.5.2.1. Demanda de agua uso residencial: en el cuadro 20, se calcularon las proyecciones de dotaciones y demandas de agua de uso residencial de acuerdo con la proyección de la población y a las perdidas actuales que se irán ajustando a las perdidas máximas permitidas, de igual forma se presentaran las curvas correspondientes a las demandas de caudal medio diario (Grafica 4), caudal máximo diario (Grafica 5) y caudal máximo horario (Grafica 6).

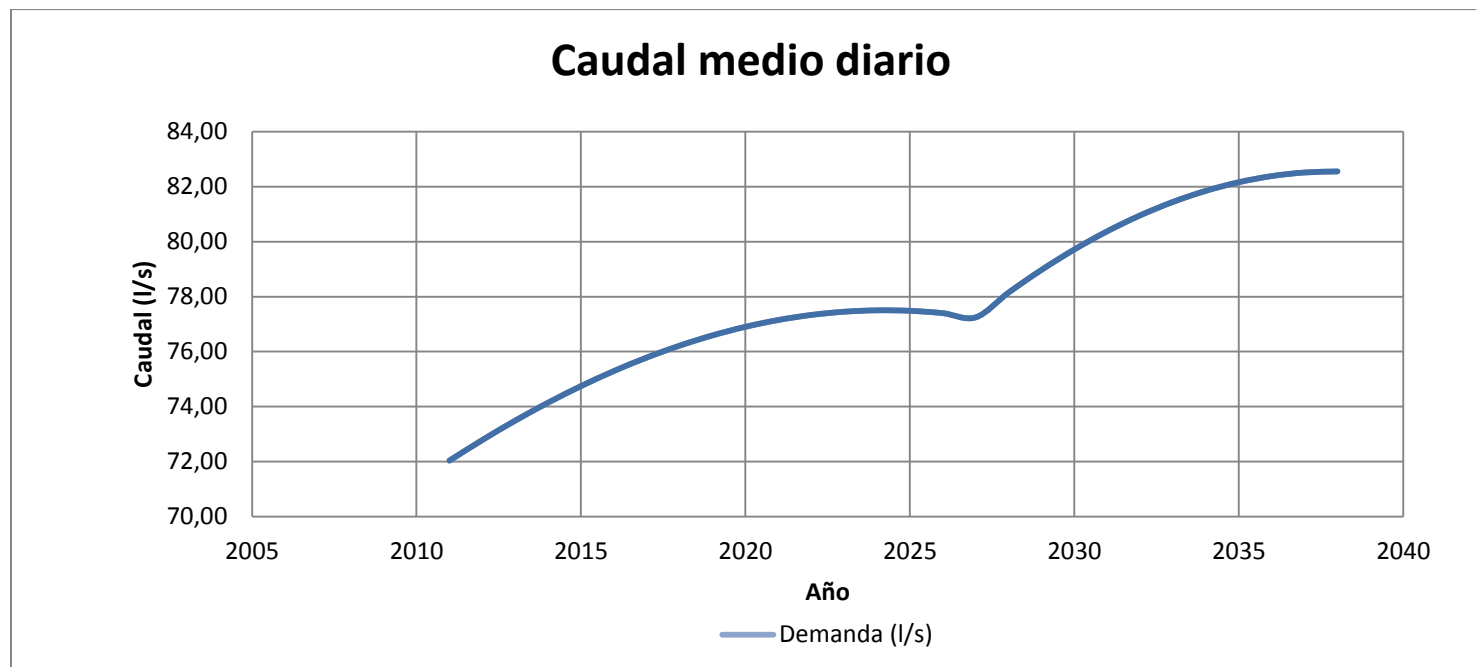
Cuadro 20. Dotación neta máxima uso residencial.

Proyecciones de demanda de agua de uso residencial												
Año	Demanda											
	Hab.	Crecimiento	Nivel de complejidad	Clima	Dneta	Perdidas	Dbruta	K1	k2	Qmd	QMD	QMH
2013	30319	2,90%	Medio-alto	Frio	125	40,3%	209	1,2	1,5	73,49	88,19	132,28
2014	31149	2,84%	Medio-alto	Frio	125	39,2%	206	1,2	1,5	74,14	88,97	133,46
2015	31967	2,79%	Medio-alto	Frio	125	38,1%	202	1,2	1,5	74,75	89,69	134,54
2016	32771	2,73%	Medio-alto	Frio	125	37,0%	199	1,2	1,5	75,29	90,35	135,53
2017	33557	2,67%	Medio-alto	Frio	125	35,9%	195	1,2	1,5	75,78	90,94	136,41
2018	34325	2,61%	Medio-alto	Frio	125	34,8%	192	1,2	1,5	76,22	91,46	137,19
2019	35073	2,55%	Medio-alto	Frio	125	33,8%	189	1,2	1,5	76,59	91,91	137,86
2020	35796	2,49%	Medio-alto	Frio	125	32,7%	186	1,2	1,5	76,90	92,28	138,42
2021	36495	2,44%	Medio-alto	Frio	125	31,6%	183	1,2	1,5	77,15	92,58	138,87
2022	37166	2,38%	Medio-alto	Frio	125	30,5%	180	1,2	1,5	77,33	92,80	139,20
2023	37808	2,32%	Medio-alto	Frio	125	29,4%	177	1,2	1,5	77,45	92,94	139,41
2024	38419	2,26%	Medio-alto	Frio	125	28,3%	174	1,2	1,5	77,50	93,00	139,50
2025	38996	2,20%	Medio-alto	Frio	125	27,2%	172	1,2	1,5	77,48	92,98	139,47
2026	39539	2,14%	Medio-alto	Frio	125	26,1%	169	1,2	1,5	77,40	92,88	139,32
2027	40044	2,08%	Medio-alto	Frio	125	25,0%	167	1,2	1,5	77,25	92,69	139,04
2028	40511	2,03%	Medio-alto	Frio	125	25,0%	167	1,2	1,5	78,15	93,78	140,66
2029	40938	1,97%	Medio-alto	Frio	125	25,0%	167	1,2	1,5	78,97	94,76	142,15

Cuadro 20. (Continuación)

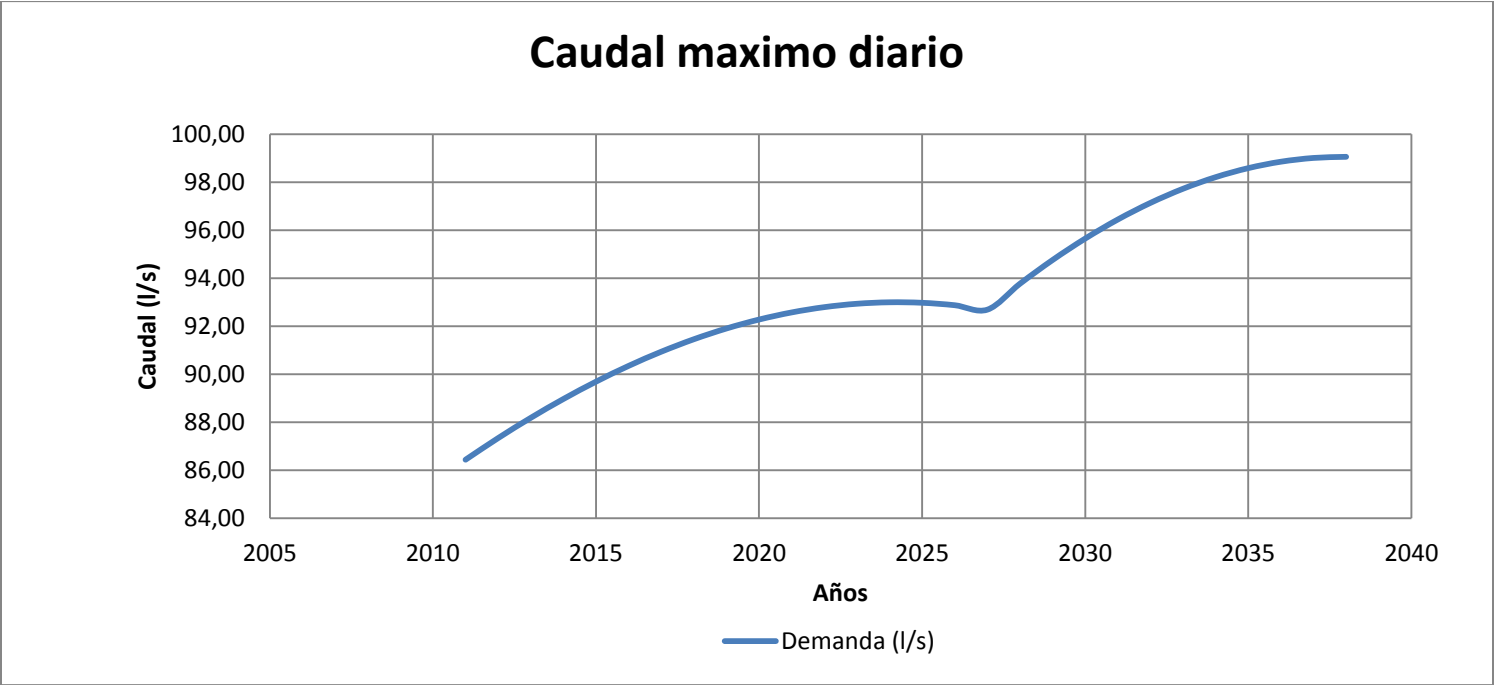
Proyecciones de demanda de agua de uso residencial												
Año	Demanda											
	Hab.	Crecimiento	Nivel de complejidad	Clima	Dneta	Perdidas	Dbruta	K1	k2	Qmd	QMD	QMH
2030	41324	1,91%	Medio-alto	Frio	125	25,0%	167	1,2	1,5	79,71	95,66	143,49
2031	41667	1,85%	Medio-alto	Frio	125	25,0%	167	1,2	1,5	80,38	96,45	144,68
2032	41967	1,79%	Medio-alto	Frio	125	25,0%	167	1,2	1,5	80,95	97,14	145,72
2033	42221	1,73%	Medio-alto	Frio	125	25,0%	167	1,2	1,5	81,45	97,73	146,60
2034	42430	1,68%	Medio-alto	Frio	125	25,0%	167	1,2	1,5	81,85	98,22	147,33
2035	42592	1,62%	Medio-alto	Frio	125	25,0%	167	1,2	1,5	82,16	98,59	147,89
2036	42708	1,56%	Medio-alto	Frio	125	25,0%	167	1,2	1,5	82,38	98,86	148,29
2037	42775	1,50%	Medio-alto	Frio	125	25,0%	167	1,2	1,5	82,51	99,02	148,53
2038	42796	1,50%	Medio-alto	Frio	125	25,0%	167	1,2	1,5	82,55	99,06	148,60
Fuente: autor												

Grafica 4. Caudal medio diario de uso residencial.



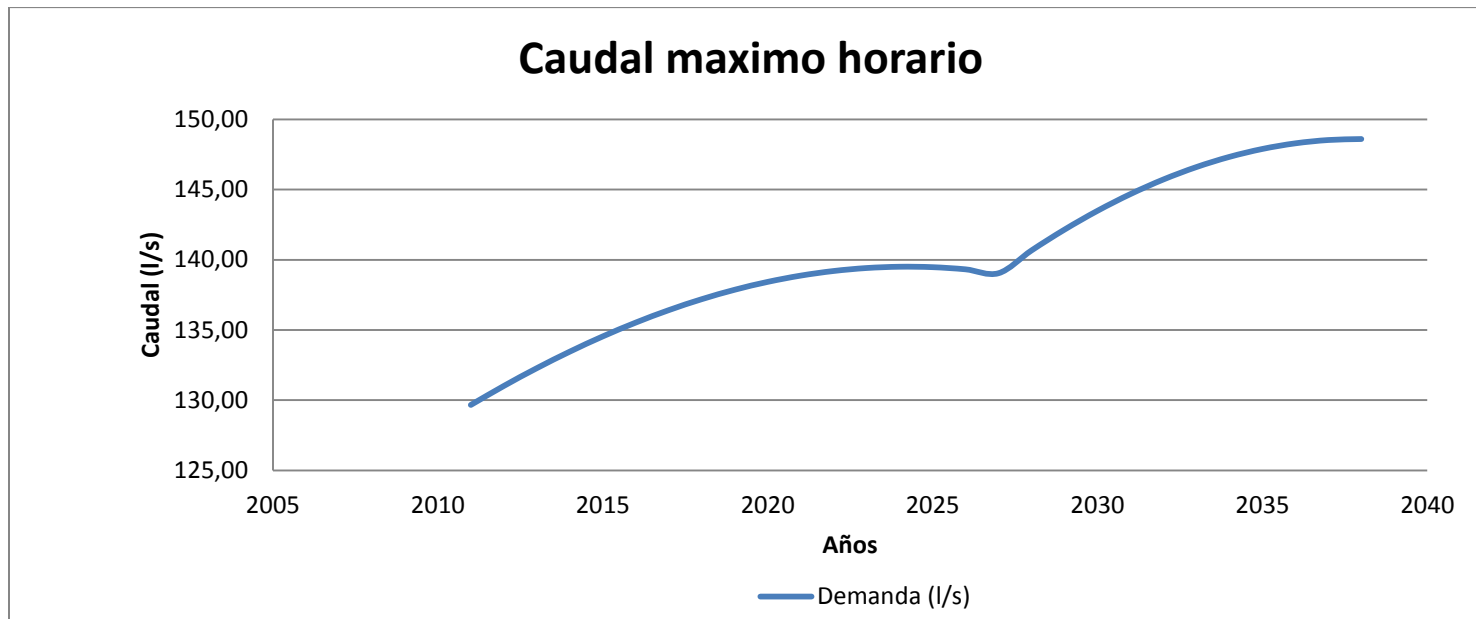
Fuente: autor

Grafica 5. Caudal máximo diario de uso residencial.



Fuente: autor

Grafica 6 Caudal máximo horario de uso residencial.



Fuente: autor

6.5.2.2. Demanda de agua de uso comercial, industrial y oficial: en el cuadro 21, se calcularon las proyecciones de dotaciones y demandas de agua de uso comercial, industrial e institucional de acuerdo con el crecimiento del municipio y a las perdidas actuales que se irán ajustando a las perdidas máximas permitidas, de igual forma se presentaran las curvas correspondientes a las demandas de caudal medio diario (Grafica 7), caudal máximo diario (Grafica 8) y caudal máximo horario (Grafica 9).

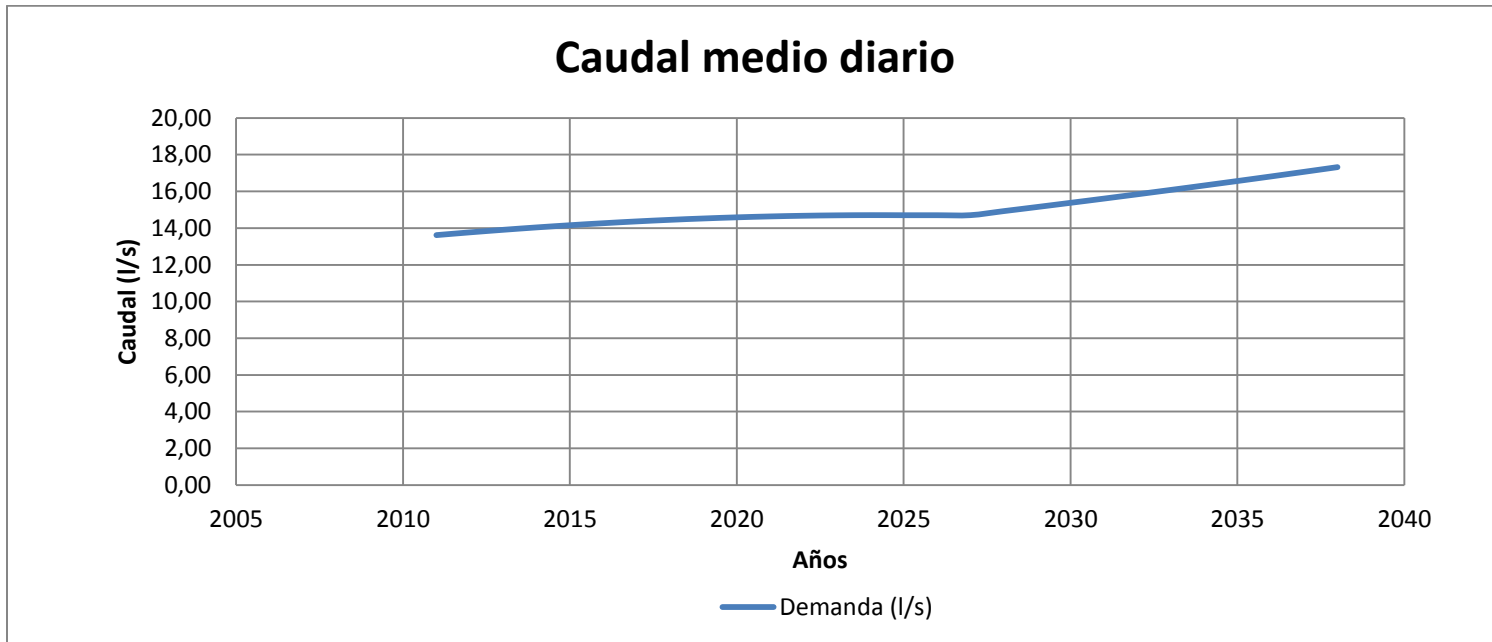
Cuadro 21. Dotación neta máxima uso comercial, industrial y oficial.

Proyecciones de demanda de agua de uso comercial, industrial y oficial									
año	Demanda								
	Q	Crecimiento	Nivel de complejidad	Perdidas	K1	K2	Qm	QMD	QMH
2013	8,30	2,79%	Medio-alto	40,313%	1,2	1,5	13,91	16,69	25,03
2014	8,53	2,67%	Medio-alto	39,219%	1,2	1,5	14,04	16,84	25,27
2015	8,76	2,55%	Medio-alto	38,125%	1,2	1,5	14,16	16,99	25,48
2016	8,98	2,44%	Medio-alto	37,031%	1,2	1,5	14,27	17,12	25,68
2017	9,20	2,32%	Medio-alto	35,938%	1,2	1,5	14,36	17,24	25,86
2018	9,42	2,20%	Medio-alto	34,844%	1,2	1,5	14,45	17,34	26,01
2019	9,62	2,08%	Medio-alto	33,750%	1,2	1,5	14,52	17,43	26,14
2020	9,82	1,97%	Medio-alto	32,656%	1,2	1,5	14,59	17,50	26,26
2021	10,02	1,85%	Medio-alto	31,563%	1,2	1,5	14,64	17,56	26,34
2022	10,20	1,73%	Medio-alto	30,469%	1,2	1,5	14,67	17,61	26,41
2023	10,38	1,62%	Medio-alto	29,375%	1,2	1,5	14,70	17,63	26,45
2024	10,55	1,50%	Medio-alto	28,281%	1,2	1,5	14,71	17,65	26,47
2025	10,70	1,50%	Medio-alto	27,188%	1,2	1,5	14,70	17,64	26,46
2026	10,87	1,50%	Medio-alto	26,094%	1,2	1,5	14,70	17,64	26,46
2027	11,03	1,50%	Medio-alto	25,000%	1,2	1,5	14,70	17,65	26,47
2028	11,19	1,50%	Medio-alto	25,000%	1,2	1,5	14,93	17,91	26,87
2029	11,36	1,50%	Medio-alto	25,000%	1,2	1,5	15,15	18,18	27,27
2030	11,53	1,50%	Medio-alto	25,000%	1,2	1,5	15,38	18,45	27,68
2031	11,71	1,50%	Medio-alto	25,000%	1,2	1,5	15,61	18,73	28,09
2032	11,88	1,50%	Medio-alto	25,000%	1,2	1,5	15,84	19,01	28,51
2033	12,06	1,50%	Medio-alto	25,000%	1,2	1,5	16,08	19,29	28,94
2034	12,24	1,50%	Medio-alto	25,000%	1,2	1,5	16,32	19,58	29,38

Cuadro 21. (Continuación)

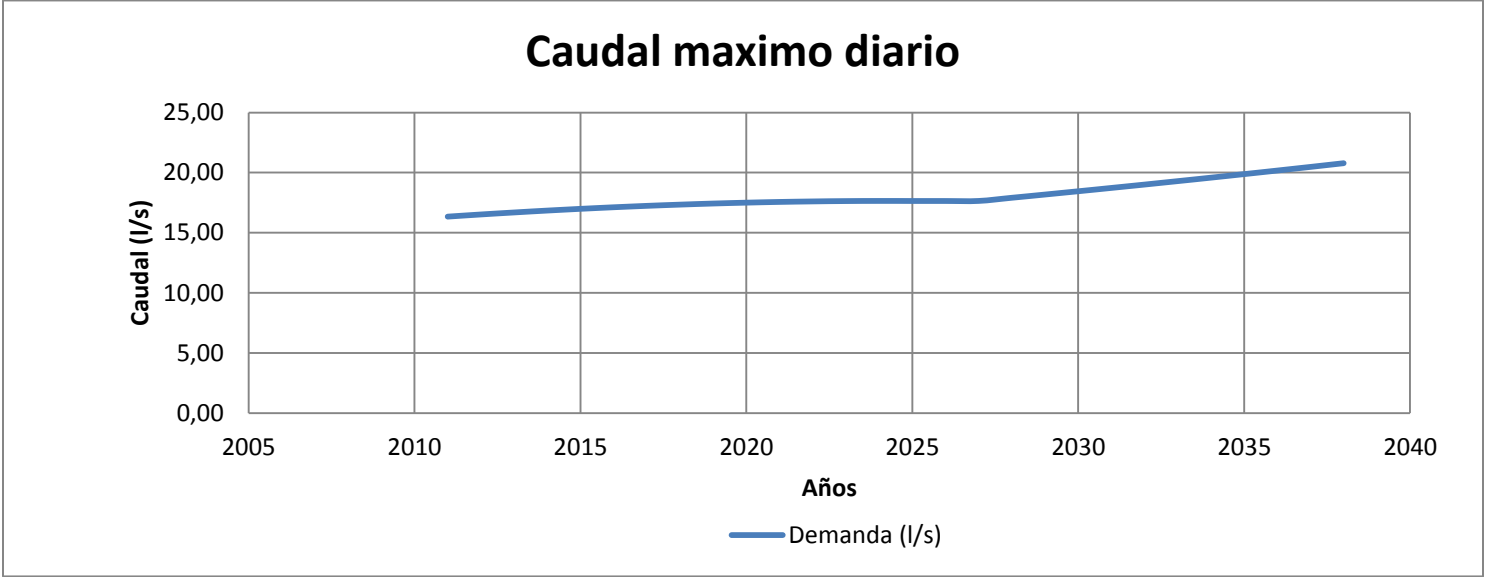
Proyecciones de demanda de agua de uso comercial, industrial y oficial									
año	Demanda								
	Q	Crecimiento	Nivel de complejidad	Perdidas	K1	K2	Qm	QMD	QMH
2035	12,42	1,50%	Medio-alto	25,000%	1,2	1,5	16,56	19,88	29,82
2036	12,61	1,50%	Medio-alto	25,000%	1,2	1,5	16,81	20,18	30,26
2037	12,80	1,50%	Medio-alto	25,000%	1,2	1,5	17,07	20,48	30,72
2038	12,99	1,50%	Medio-alto	25,000%	1,2	1,5	17,32	20,79	31,18
Fuente: autor									

Grafica 7. Caudal medio diario de uso comercial, industrial y oficial.



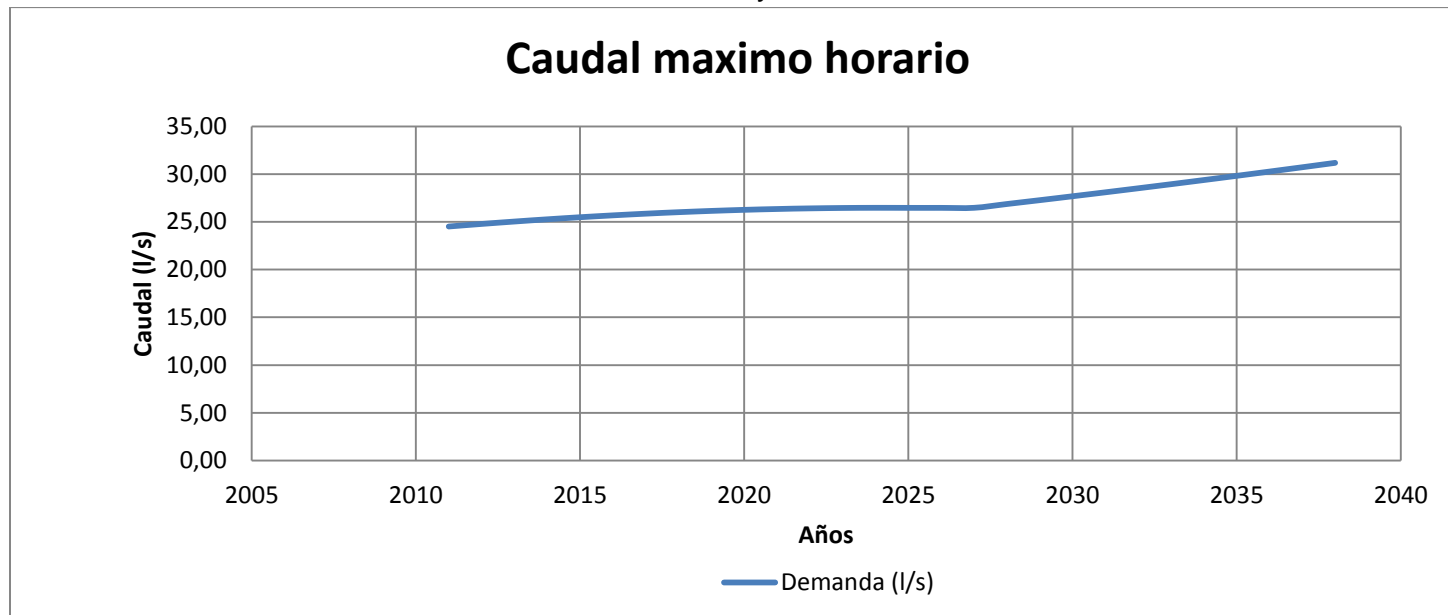
Fuente: autor

Grafica 8 Caudal máximo diario de uso comercial, industrial y oficial.



Fuente: autor

Grafica 9. Caudal máximo horario de uso comercial, industrial y oficial.



Fuente autor

6.5.2.3. Demanda de agua contra incendios: según el RAS 2000 y el nivel de complejidad medio alta, determina que para zonas residenciales densamente pobladas o zonas con edificios multifuncionales comerciales e industriales de municipios con poblaciones entre 20.000 y 60.000 habitantes, un incendio debe ser servido por tres hidrantes y las zonas residenciales unifamiliares deben ser servidas por un hidrante en uso simultaneo con una descarga mínima de 5 l/s.

6.5.2.4. Dotaciones y demandas del municipio de Ubaté: para determinar el caudal total, se sumaron, el caudal de uso residencial determinado en ...el numeral 6.5.2.1... y el de uso comercial, industrial y oficial establecido en ...el numeral 6.5.2.2... junto con el caudal de incendios, en el cuadro 22 se calcularon las proyecciones de dotaciones y demandas de agua de uso total del municipio de acuerdo con el crecimiento poblacional del municipio y a las perdidas actuales que se irán ajustando a las perdidas máximas permitidas, de igual forma se presentaran las curvas

correspondientes a las demandas de caudal medio diario (Grafica 10), caudal máximo diario (Grafica 11) y caudal máximo horario (Grafica 12).

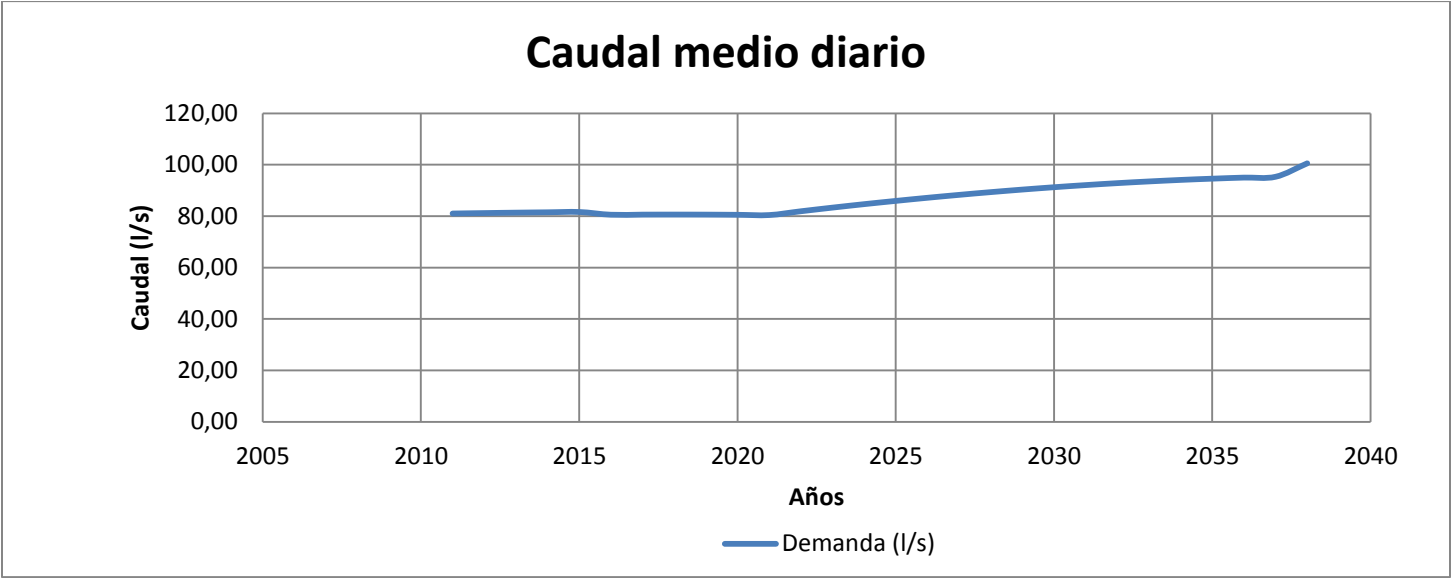
Cuadro 22. Proyecciones de dotación total del municipio.

Proyecciones de demanda de agua total del municipio												
Año	Demanda											
	Hab.	Crecimiento	Nivel	Clima	Dneta	Perdidas	Dbruta	k1	k2	Qm	Qmd	QMH
2013	30319	2,91%	Medio-alto	Frio	127	39,00%	208	1,2	1,5	81,36	97,63	146,45
2014	31149	2,85%	Medio-alto	Frio	127	37,25%	202	1,2	1,5	81,50	97,80	146,70
2015	31967	2,79%	Medio-alto	Frio	127	35,50%	197	1,2	1,5	81,61	97,93	146,90
2016	32771	2,74%	Medio-alto	Frio	125	33,75%	189	1,2	1,5	80,55	96,66	144,99
2017	33557	2,68%	Medio-alto	Frio	125	32,00%	184	1,2	1,5	80,60	96,72	145,08
2018	34325	2,63%	Medio-alto	Frio	125	30,25%	179	1,2	1,5	80,61	96,73	145,10
2019	35073	2,57%	Medio-alto	Frio	125	28,50%	175	1,2	1,5	80,59	96,71	145,06
2020	35797	2,51%	Medio-alto	Frio	125	26,75%	171	1,2	1,5	80,53	96,63	144,95
2021	36495	2,46%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	80,42	96,50	144,75
2022	37166	2,40%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	81,90	98,27	147,41
2023	37808	2,34%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	83,31	99,97	149,96
2024	38419	2,29%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	84,66	101,59	152,38
2025	38996	2,23%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	85,93	103,11	154,67
2026	39539	2,18%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	87,14	104,56	156,85
2027	40044	2,12%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	88,27	105,93	158,89
2028	40511	2,06%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	89,34	107,21	160,81
2029	40938	2,01%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	90,33	108,40	162,60
2030	41324	1,95%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	91,25	109,50	164,24
2031	41667	1,89%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	92,08	110,50	165,75

Cuadro 22. (Continuación)

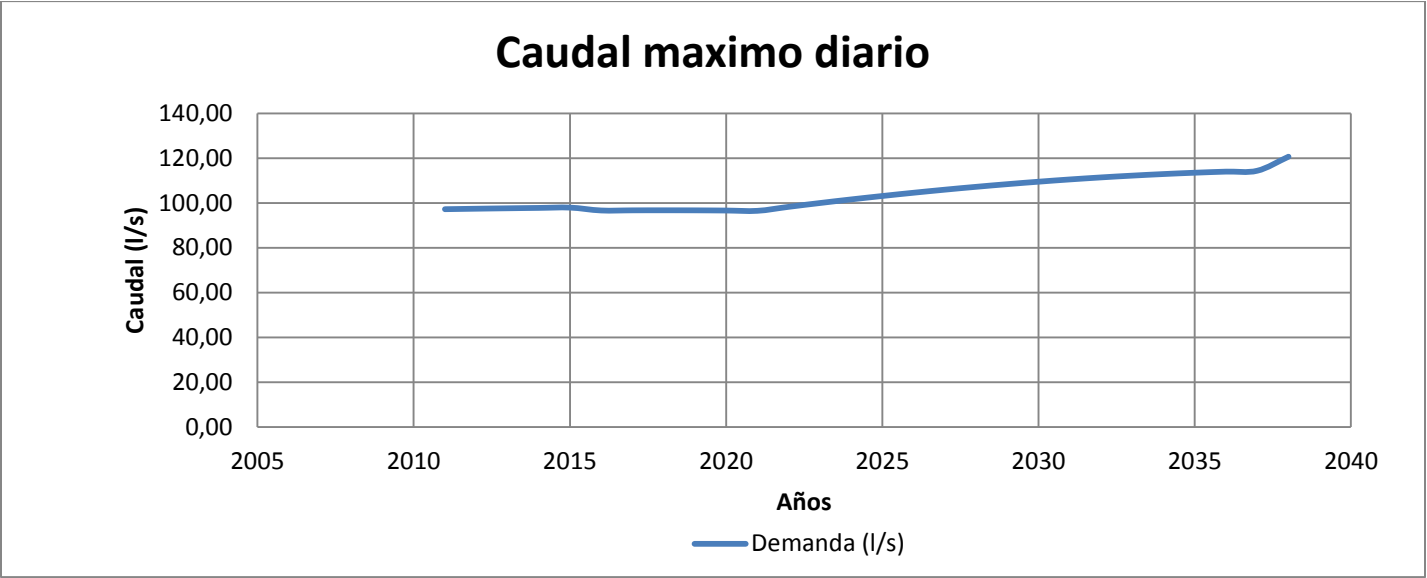
Proyecciones de demanda de agua total del municipio												
Año	Demanda											
	Hab.	Crecimiento	Nivel	Clima	Dneta	Perdidas	Dbruta	k1	k2	Qm	Qmd	QMH
2032	41967	1,84%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	92,84	111,40	167,10
2033	42221	1,78%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	93,50	112,20	168,31
2034	42430	1,73%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	94,09	112,91	169,36
2035	42592	1,67%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	94,58	113,50	170,25
2036	42708	1,61%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	94,99	113,99	170,99
2037	42775	1,56%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	95,31	114,37	171,56
2038	42796	1,50%	Medio-alto	Frio	125	25,00%	167	1,2	1,5	100,54	120,65	180,98
Fuente: autor												

Grafica 10. Caudal medio diario total del municipio.



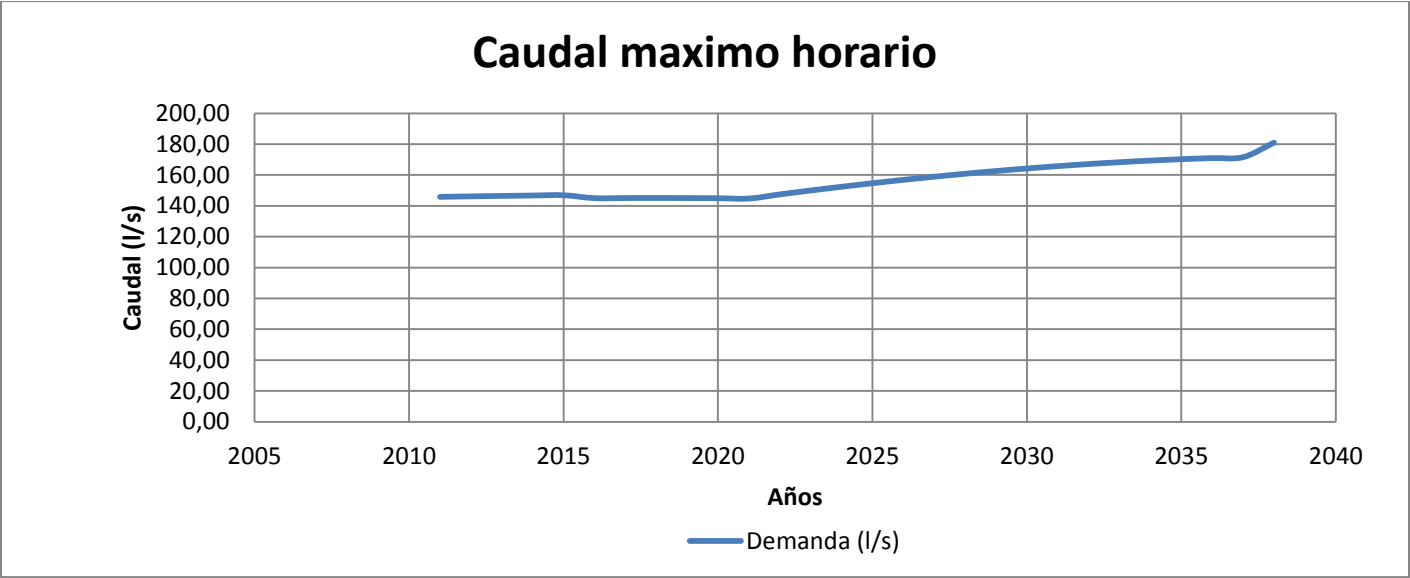
Fuente: autor

Grafica 11. Caudal máximo diario total del municipio.



Fuente: autor

Grafica 12. Caudal máximo horario total del municipio.



Fuente: autor

Todos los cálculos presentados en las tablas anteriores, están respaldados por el **anexo 2.**

6.5.3. Diseño preliminar de la bocatoma

De acuerdo con lo concluido anteriormente, se pretende diseñar una bocatoma y un sistema de aducción preliminar ubicados sobre la represa el Hato, teniendo en cuenta que se deben incluir en los diseños bombas que cumplan con los requerimientos, la red de aducción se construirá en su totalidad con tuberías y accesorios de polietileno de alta densidad, con una presión nominal de 16 bar y un diámetro de 400 mm con una vida útil de 50 años.

En el presente documento se buscara plantear un diseño básico y preliminar de la bocatoma teniendo en cuenta el cuarto de máquinas para las bombas correspondientes.

El caudal de diseño de la estación de bombeo flotante será tomado del cuadro 22 que suma la cantidad de agua total necesaria para el municipio, siendo el caudal de diseño el mismo caudal máximo diario 120,65 l/hab día, para un total de 42796 habitantes.

La tubería que conectará la nueva bocatoma con las estructuras actuales para la aducción hasta la PTAP, será en su gran mayoría, debido a la inestabilidad y lo escarpado del terreno, flexible, será de PVC, de paredes delgadas y en casos de posibles grietas causa de fallas geológicas y movimientos en el terreno, se puede variar 3.0% de dimensiones horizontal y vertical, su instalación será hecha con zanjas que garanticen dimensiones optimas tanto para el trabajo de los operarios como la instalación de la tubería, con encamados de gravas y relleno de gravas con presión suficiente para mantener la tubería firme.

Los equipos de bombeo, se recomiendan bombas centrifugas de eje horizontal, de turbina vertical y electrobombas sumergibles, para la elección definitiva del tipo de bomba se debe estudiar las especificaciones técnicas de diseño y construcción, así como las curvas características (caudal vs. Presión, eficiencia, Potencia al freno y NPSH).

Hay que tener en cuenta que las bombas sumergibles deben tener la capacidad necesaria para poder succionar al agua requerida, de igual forma, las bombas de eje horizontal se deberán instalar sobre estructuras firmes con cimientos estables, las conexiones de las tuberías, deben quedar alineadas y coincidir con la forma natural de las bridas de las bombas, estas tuberías deben tener sus propios soportes independientes y que no ejerzan tensión sobre las bombas para reducir el riesgo de desnivelación o desalineamiento.

En el **anexo 3** se presenta un diseño más estructurado de lo que posiblemente queda como el diseño definitivo de la plataforma flotante y de la conexión entre las bombas y en el **anexo 4** se presenta la ubicación de la aducción desde la bocatoma flotante hasta las estructuras de aducción existentes.

6.5.4. Mejoramiento de las estructuras

Ante cualquier inicio para el mejoramiento de las estructuras vulnerables, se debe pensar más en la organización y en el manejo del territorio correspondiente a la cuenca, esto debido a que los terrenos de la cuenca han sufrido cambios en su uso, pronunciando a los procesos de desestabilización de los taludes cercanos al cauce, adicionalmente a esto, la falta de bosques primarios y secundarios que antes estaban ubicados sobre estas zonas, provocan un socavamiento más profundo en el terreno, haciendo los taludes más propensos a deslizamientos.

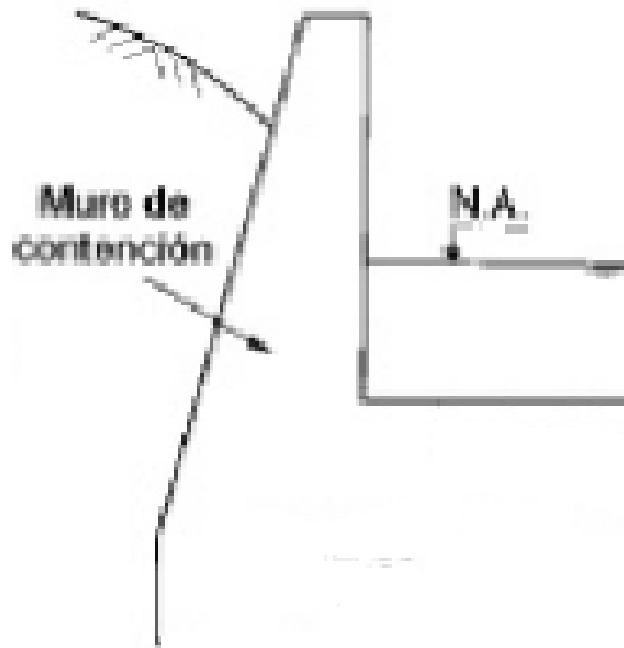
De acuerdo con esto, se debe pensar en realizar procesos de reforestación, y lograr en buena medida restaurar la vegetación propia de la zona, reduciendo la cantidad de deslizamientos presentes en las orillas del cauce, esta reforestación, se debe hacer con las plantas y árboles propias de la región, para mantener las caracterizas ecológicas y ambientales de la cuenca.

Con el fin de buscar el apropiado manejo ambiental que se le debe dar a la ronda del río, se plantea, junto con la reforestación, canales de comunicación con la comunidad sobre el uso de estas tierras y la necesidad de protegerlas, buscando ayuda dentro de la población civil para así diseñar un proceso de reestructuración ecológica más eficaz, efectivo y eficiente, esto con el propósito de declarar esta zona como de conservación y protección, disminuyendo la explotación de estos terrenos para actividades agropecuarias no sustentables para la cuenca.

Adicionalmente a estos programas de manejo ambiental dentro del cauce, también se propone un mejoramiento de las estructuras existentes, para que el acople de las nuevas estructuras con las existentes, sea exitoso y no cause daños dentro de las nuevas estructuras propuestas.

Como primer recomendación que se hace, se incluye el reforzamiento de algunas zonas con muros de contención como gaviones o en concreto como el ya construido, o como el mostrado en la Figura 7, con el fin de proteger la ronda del río de la socavación de las aguas máximas del cauce, las cuales ya han ocasionado daños en la vía Ubaté-Carmen de Carupa, y de igual manera se debe formular un plan de contingencia en la que se tenga en cuenta vigías tiempo constante para crear un método de alerta temprana ante cualquier suceso.

Figura 7. Muro de contención



Fuente editada: López Ricardo, 'Elementos de diseño para Acueductos y alcantarillados', 2ª edición. (López Cualla, Ricardo Alfredo, 2009)

Como mejoramiento a las estructuras actuales de captación, se propone hacer mantenimiento constante por fisuras, y también, el cambio en algunas zonas donde esta tubería de aducción está completamente desgastada y presenta riesgos en cuanto a la posible contaminación del agua, con tuberías que se acoplen perfectamente y sean del mismo material de las propuestas.

En cuanto a la cámara de repartición, se recomienda mantenimiento constante con el fin de mantener el volumen de la cámara y reducir pérdidas de agua, de la misma manera las tuberías de la cámara son de gress y presentan grandes pérdidas de agua, por lo que se recomienda el cambio a tubería de PVC.

En cuanto a los desarenadores, hace falta un mantenimiento mejor programado, más periódico y más eficiente, los desarenadores se encuentran colmatados, aumentando las pérdidas de agua dentro del sistema, de igual manera se recomienda una posible ampliación necesaria acorde con el caudal y el periodo de diseño de las estructuras.

Tanto las estructuras de la cámara de repartición como los desarenadores, se recomienda hacer cerramiento con el fin de evitar accidentes y daños que personas inescrupulosas puedan hacer en las estructuras.

Además, es de importancia decir que el acueducto municipal fue construido hace 40 años con un periodo de diseño de 25 años, demostrando que las fallas no son únicamente de mal mantenimiento, sino además de saturación en las mismas estructuras provocando daños en la operación del acueducto y pérdidas de agua en el mismo, evidenciando la necesidad de aumentar las estructuras tanto de aducción, como conducción y de la planta de potabilización de agua, se recomienda estudiar la posibilidad de actualizarlas estructuras que serán usadas dentro del nuevo sistema de conducción.

7. CONCLUSIONES

El riesgo presente sobre las estructuras del sistema de acueducto de municipio, es en gran medida variado, derivado de procesos evolutivos de la geología y de las condiciones climáticas de la cuenca, ya que es una cuenca joven en crecimiento y evolución, que debido a factores climáticos se producen riesgo de niveles variados, como deslizamientos y derrumbes, taponamientos y posibles avalanchas sobre la misma cuenca, así como los deslizamientos de la cuenca clasificados como de riesgo extremo y de inmediata intervención,

El riesgo presente extremo, identificado como los deslizamientos, es una fuente de mejora y presenta un criterio para la su misma reducción ya que con su análisis, se pueden observar puntos a optimizar y/o cambiar sobre las estructuras del sistema de acueducto del municipio en la etapa de aducción, y por este medio plantear estas mejoras o cambios necesarios.

Estas mejoras se presentan en forma de cambios para que dentro del sistema la eficiencia aumente y la calidad del servicio mejore, planteándose la construcción técnica de una bocatoma flotante dentro de la represa El Hato, con un caudal de 120,65 l/hab día, y la propuesta de aducción con unas pérdidas estimadas de no más de 25% y el mejoramiento de las estructuras de aducción actuales por medio de cambios en los materiales y estructuras.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio más profundo sobre el diseño definitivo de la bocatoma flotante, con sus estructuras definidas y su puente de acceso requerido, así como se recomienda hacer un estudio económico sobre el costo de la construcción del nuevo sistema de captación y de la nueva aducción con sus válvulas codos y tuberías.

Se recomienda recuperar la estructura ecológica dentro de la zona para evitar mayor socavamiento y reducir el riesgo de deslizamientos.

Se recomienda diseñar un plan de contingencia que involucre a los habitantes de la zona para asignar equipos y personal que sean capaces de manejar situaciones como el desembalse controlado de la presa que pudiera amenazar con una avenida torrencial aguas abajo.

BIBLIOGRAFIA

1. CONCEJO MUNICIPAL DE UBATÉ, Acuerdo No. 017 de diciembre de 2003, por medio del cual se ajusta el plan de ordenamiento territorial y se ajusta como plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Ubaté. Diagnóstico del plan básico de Ordenamiento Territorial. Ubaté, Cundinamarca. {En línea} {21 de agosto de 2012} disponible en: (http://ubate-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/61613166636636643330396231356266/ACUERO_POT_017_DE_2003.doc)
2. OFICINA DE SERVICIOS PÚBLICOS DEL MUNICIPIO DE UBATÉ, Plan de desarrollo 2012-2015, Ubaté, Cundinamarca. {En línea} {24 de agosto de 2012} disponible en: (http://ubate-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/61613166636636643330396231356266/presentacion_pdd_2012.pdf)
3. CORANTIOQUIA, Informe de diseño del plan de maestro de acueducto y alcantarillado del área urbana del municipio de Belmira – Antioquia, Belmira, Antioquia. {En línea} {28 de agosto de 2012} disponible en: (<http://nuevoportal.corantioquia.gov.co/Tematicas/PMAA/PMAA%20belmira.pdf>)
4. MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE ECONOMICO DE COLOMBIA, Reglamento básico técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS), revisión 1, Bogotá, Ministerio de desarrollo económico, 2000.
5. LÓPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo, Elemento de diseño para acueductos y alcantarillados, Segunda edición, Bogotá D.C., Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009.
6. CORPORACION DE INGENIERIA, TECNOLOGIA Y GESTION AMBIENTAL, Diagnostico para la optimización del servicio de acueducto y agua potable para el municipio de Arauca, mediante el ajuste al diseño existente del sistema de captación y el diseño de una nueva planta de tratamiento y los sistemas de aducción, almacenamiento, estación de bombeo, empalmes con las redes existentes y subestación eléctrica para el funcionamiento de todos los elementos anteriores y obras complementarias, en el municipio de Arauca, departamento De Arauca. Arauca, 2006. {En línea} {4 de septiembre de 2012} disponible en: (http://www.contratos.gov.co/archivospuc1/2010/DA/281000001/10-1-55936/DA_PROCESO_10-1-55936_281000001_1765518.pdf)
7. EMPRESA REGIONAL AGUAS DEL TEQUENDAMA, MUNICIPIO DE ANAPOIMA, Optimización red de distribución del sistema de acueducto del casco urbano y diseño colector de alcantarillado sanitario alterno quebrada la Socota, Capitulo III, Anapoima, 2009. {En línea} {4 de septiembre de 2012} disponible en (<http://www.aguasdeltequendama.com/docs/proyectos/cap-3-red-dis-t1.pdf>)
8. Ante emergencia que se presenta en vereda Sucunchoque, Proponen construcción de nuevo acueducto para Ubaté. En: Cundinamarca calidad de vida

(circular semanal de distribución gratuita) Ejemplar No. 2. Ubaté. Cundinamarca: (3 de Julio de 2012), Pagina 1. {En línea} {30 de agosto de 2012} disponible en: (<http://www.cundinamarca.gov.co/Album/periodico/2012/Edicion%20No.%202%20julio%203%202012.pdf>)

9. REDACCIÓN CUNDINAMARCA, Construirán un nuevo acueducto para Ubaté. En: El Tiempo. Bogotá: (21 de junio de 2012) {En línea} {30 de agosto de 2012} disponible en: (http://www.eltiempo.com/colombia/cundinamarca/ARTICULO-WEB-NEW_NOTA_INTERIOR-11962442.html)

10. ÁLVAREZ MORALES, José J. Optimización de sistemas de agua potable comunitarios; propuesta técnica. Gurabo, Puerto Rico, 2008, 170 paginas. Trabajo de grado (Maestrea en Ciencias Ambientales con especialidad en manejo ambiental). Universidad del Tarabo, Escuela de ciencias y Tecnología. {En línea} {06 de septiembre de 2012} disponible en: (http://www.suagm.edu/utdoctoral/pdfs/3_Alvarez_J_Tesis_UT_2008.pdf)

11. MEDINA WILCHES, Yadira I. & CORTES QUIROGA, Johanna M. Optimización ambiental de las estructuras de captación, línea de aducción, conducción, y planta de tratamiento del acueducto de Pamplona, Norte de Santander. Trabajo de Grado (pregrado en Ingeniería Ambiental). Universidad Libre de Colombia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Ambiental.

12. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN, ICONTEC, Guía Técnica Colombiana GTC 104, Gestión integral del riesgo ambiental, principios y procesos, Bogotá 2004.

13. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN, ICONTEC, Norma Técnica colombiana NTC 5254, Gestión del riesgo, Bogotá, 2006.

14. UNIÓN DE NACIONES EUROPEAS, Norma UNE 150008 EX, 2000.

15. SISTEMA DE ADMINISTRACION AMBIENTAL, UNIVERSIDAD PEDAGOGICA, Riesgos Ambientales, Guía institucional de Gestión ambiental, Identificación y Evaluación, Bogotá. {En línea} {13 de septiembre de 2012} disponible en: (http://www.pedagogica.edu.co/observatoriobienestar/docs/GUIA_RIESGOS_AMBIENTALES_UPN.pdf)

16 DANE, Boletín Censo general; perfil Ubaté, Cundinamarca. {En línea} {17 de octubre de 2012}. Disponible en: http://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/25843T7T000.PDF

17 MELO MÓRAN, Nery Z. & SALAZAR VALENCIA, Diana P. Diseño de un plan de contingencia para el acueducto rural 'ACUACOMBIA' en el corregimiento Combia Baja, Municipio de Pereira, Departamento de Risaralda. Trabajo de grado (Administración de Medio ambiente). Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de ciencias ambientales, Departamento de Administración de Medio Ambiente. 2009. {En línea} {18 de octubre de 2012}. Disponible en:
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1299/1/62816M528.pdf>

18. CONGRESO DE COLOMBIA, Ley 1523 de 2012, Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. Bogotá 2012. {En línea} {18 de octubre de 2012}. Disponible en:
http://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/ley_1523_2012.htm

19. SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES & MINISTERIO DEL INTERIOR Y DE JUSTICIA, DIRECCIÓN DE GESTIÓN DEL RIESGO. Guía municipal para la Gestión del riesgo. 2010. {En línea} {20 de octubre de 2012}. Disponible en:
<http://www.sigpad.gov.co/sigpad/archivos/GMGRColombia.pdf>

20 SECRETARÍA DE PLANEACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA. Informe de visita técnica ocular No. 22. 2009. {En línea} {20 de octubre de 2012}. Disponible en:
<http://www.planeacion.cundinamarca.gov.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/concepto%20sobre%20zona%20de%20riesgo%20municipio%20de%20ubat%C3%A9.pdf>

21 DANE, Estimaciones de población 1985 - 2005 y proyecciones de población 2005 - 2020 total municipal por área. {En línea} {23 de octubre de 2012}. Disponible en:
http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/Municipal_area_1985-2020.xls

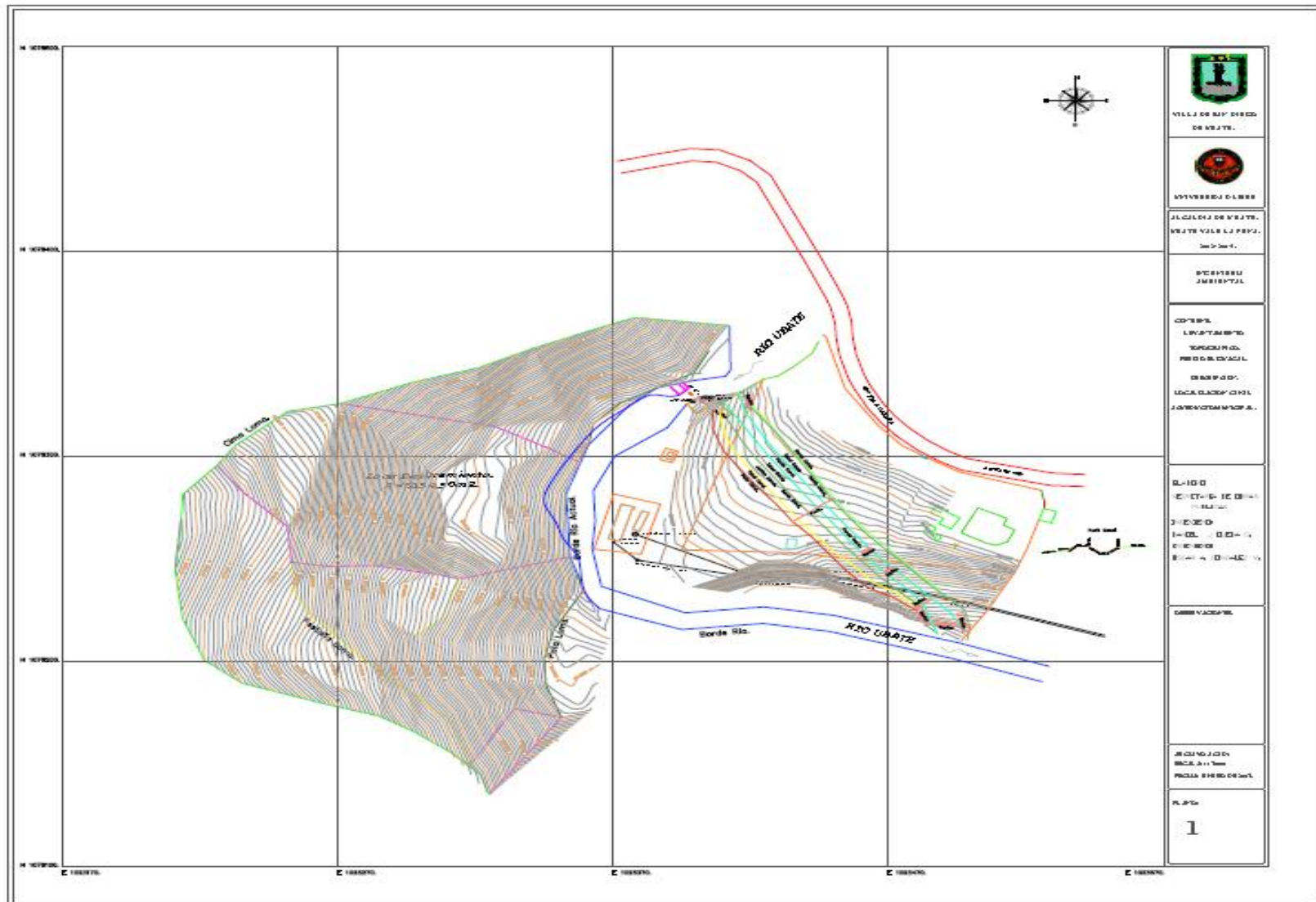
22. RAMÍREZ PARRA, Oscar. Concepto técnico sobre las condiciones de estabilidad en el sector de la bocatoma sobre el río Ubaté. Ubaté, Cundinamarca. Noviembre de 2011. 9 páginas.

23. CLOPAD. Reunión Extraordinaria CLOPAD. Ubaté, Cundinamarca. Junio de 2012. 2 páginas.

24. INGEOMINAS (Servicio Geológico Colombiano). Acta de reunión investigación y zonificación de movimientos en masa, Ubaté, Cundinamarca. Junio de 2012. 2 paginas.

25. DANE, Proyecciones nacionales y departamentales de población 2005-2020,(Cuadro A36, Cundinamarca. Indicadores demográficos, pág.: 120) {En línea} {23 de octubre de 2012}. Disponible en: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/7Proyecciones_poblacion.pdf

Anexo 1. Bocatoma y canal, situación actual.



Anexo 2. Memorias de cálculo.

Proyección de población.

Porcentaje para diferir	
Porcentaje a diferir	0,0152
Años para diferir	27
Porcentaje	0,000563

Población censada	
Año	Población censos DANE
1951	3837
1964	4997
1973	5318
1985	12661
1993	13080
2005	22042

Proyecciones del casco urbano			
año	Proyección Geométrica		
	Tasa	Población	P*pf
2013	2,91%	27562	30319
2014	2,85%	28317	31149
2015	2,79%	29061	31967
2016	2,74%	29791	32771
2017	2,68%	30507	33557
2018	2,63%	31205	34325
2019	2,57%	31884	35073
2020	2,51%	32542	35796
2021	2,46%	33177	36495
2022	2,40%	33788	37166
2023	2,34%	34371	37808
2024	2,29%	34926	38419
2025	2,23%	35451	38996
2026	2,18%	35944	39539
2027	2,12%	36404	40044
2028	2,06%	36828	40511
2029	2,01%	37217	40938
2030	1,95%	37567	41324
2031	1,89%	37879	41667
2032	1,84%	38151	41967
2033	1,78%	38383	42221
2034	1,73%	38573	42430
2035	1,67%	38720	42592
2036	1,61%	38825	42708
2037	1,56%	38887	42775
2038	1,50%	38905	42796

Estación hidrológica La manilla (No. 24241755) (Río Carupa)

CAUDALES MAXIMOS ABSOLUTOS MENSUALES (m3/s)													
CODIGO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2401755	2011	0,897	1,2	42,143	48,753	19,293	1,362	0,283	0,161	0,133	26,832	36,446	31,357
2401755	2012	3,303	2,452	0,449	2,964	0,717	0,241	0,173	0,149	0,129	0,449	0,449	0,1
2401755	2013	0,092	0,1	0,149	0,109								

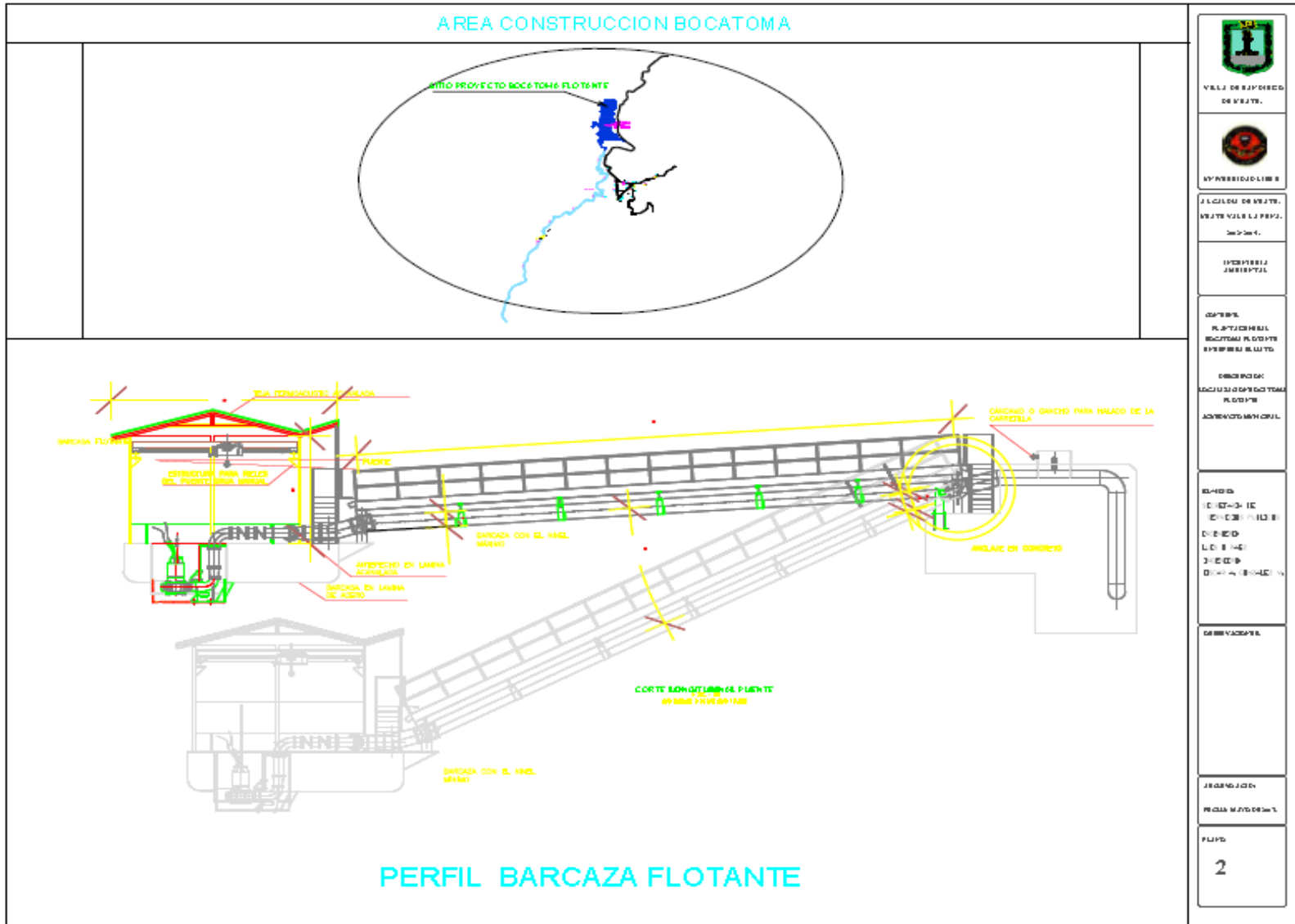
CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s)													
CODIGO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2401755	2011	0,472	0,395	4,038	9,043	2,139	0,564	0,19	0,133	0,101	3,541	6,835	5,892
2401755	2012	2,606	1,78	0,29	0,696	0,346	0,207	0,153	0,134	0,12	0,131	0,135	0,096
2401755	2013	0,081	0,081	0,087	0,089								

CAUDALES MINIMOS MEDIOS MENSUALES (m3/s)													
CODIGO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2401755	2011	0,344	0,314	0,444	0,613	0,481	0,282	0,147	0,104	0,086	0,133	1,789	2,591
2401755	2012	2,312	0,287	0,272	0,287	0,241	0,173	0,139	0,129	0,119	0,109	0,1	0,092
2401755	2013	0,077	0,07	0,07	0,077								

Comparación caudal requerido y disponible													
Caudal requerido (l/día)							126,65						
Caudal requerido (m3/s)							0,06273279						
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2012	3%	22%	23%	22%	26%	36%	45%	49%	53%	58%	63%	68%	
2013	81%	90%	90%	81%									

Análisis: como se observa, se evidencia adecuados espacios de tiempo en los cuales se puede obtener caudal de esta quebrada, en cambio hay otros periodos más actuales en los cuales, se observa que se captaría más del 80% del caudal de la quebrada, dejándola sin el caudal ecológico requerido

Anexo 3. Barcaza Flotante.



Anexo 4. Posible aduccion de la nueva bocatoma.

